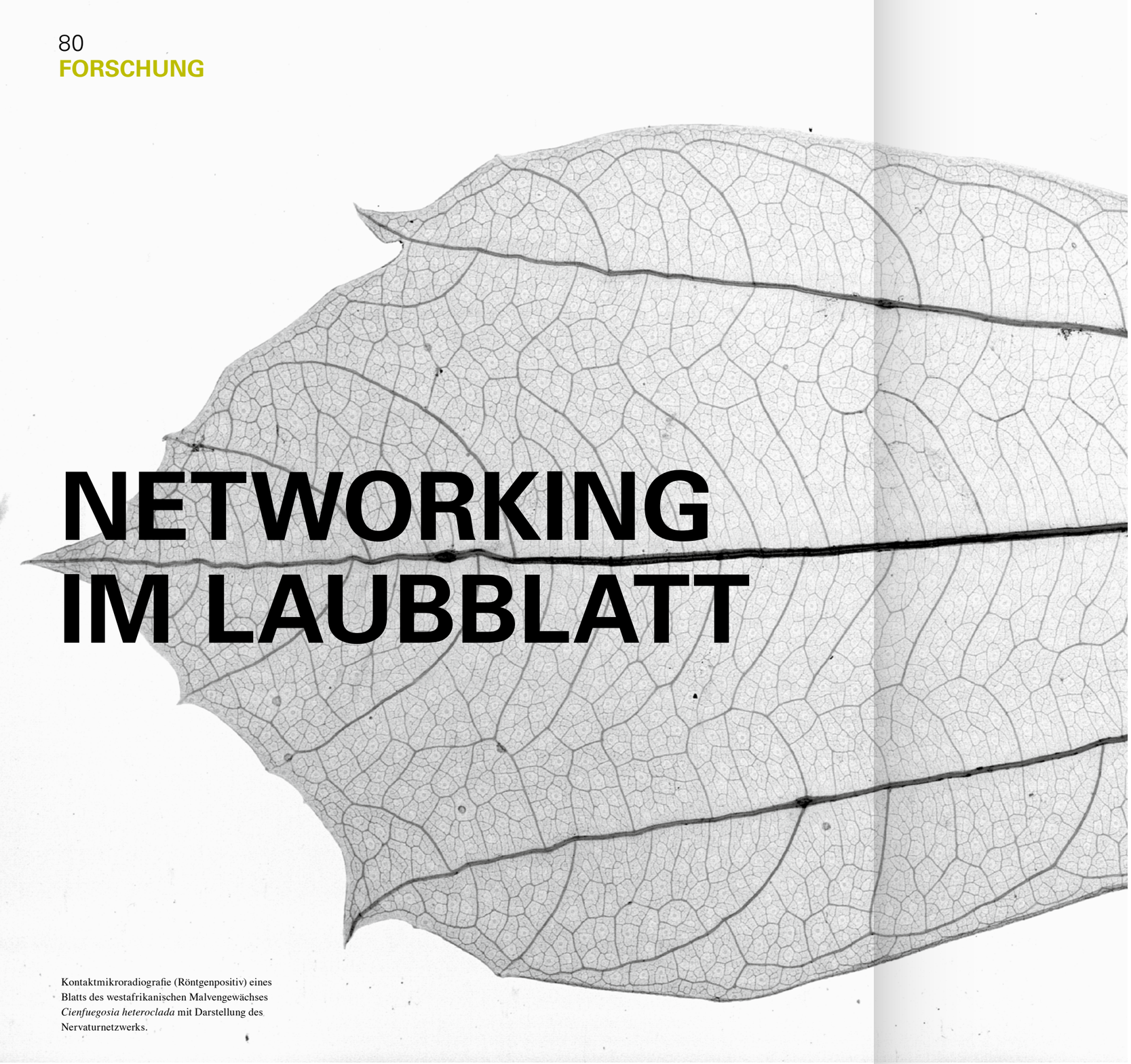


NETWORKING IM LAUBBLATT

Kontaktmikroradiografie (Röntgenpositiv) eines Blatts des westafrikanischen Malvengewächses *Cienfuegosia heteroclada* mit Darstellung des Nervaturnetzwerks.

Mit Lichtmikroskopie und 2D-/3D-Röntgentechnik untersuchen unsere Wissenschaftler in Görlitz und Frankfurt die Blattnervatur von Sammlungsobjekten.

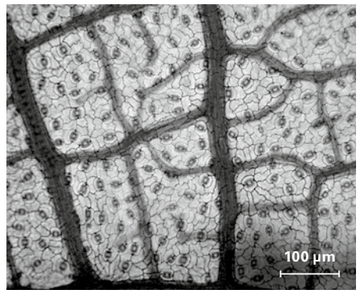
von Julio Schneider, Jörg Habersetzer, Renate Rabenstein, Jens Wesenberg, Karsten Wesche & Georg Zizka

Netzwerken begegnen wir überall – nicht nur in digitalen sozialen Medien oder im Internet. Netzwerke sind auch in der Natur ein weit verbreitetes Phänomen, das auf verschiedenen Ebenen und in den unterschiedlichsten Ausprägungen vorkommt: Flüsse fließen in netzartigen Systemen, Pilzhyphen wachsen zu einem netzartigen Gewebe heran, dem Myzel. Oder nehmen wir die Gefäße, in denen unser eigenes Blut fließt – auch sie bilden ein Netz.

Ein weiteres dieser Netzwerke verbirgt sich in höheren Landpflanzen. Es bildet das zentrale Versorgungssystem der Blätter und ist allgemein bekannt als Blattnervatur. Sie ist hierarchisch strukturiert und, ausgehend von den Hauptnerven, als Geflecht sich immer feiner verästelnder Leitungsbahnen angelegt. Sie transportieren zum einen das Wasser und die Nährstoffe innerhalb des Blatts und zum anderen sind sie ein stabiles mechanisches Gerüst, das dem Blatt seine Form verleiht und auch gegenüber Fressfeinden einen gewissen Widerstand bieten kann.

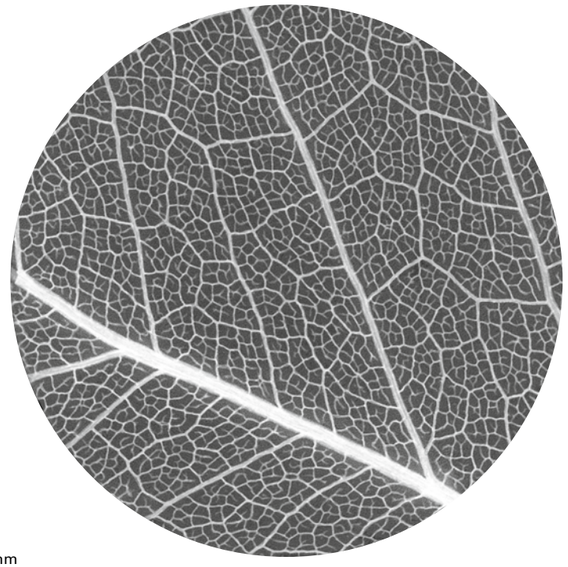
Ohne hochentwickelte Blattnervatur weniger Niederschlag in den Regenwäldern Amazoniens

Als Nachschublieferant für Wasser, das beim Gasaustausch per Verdunstung über die Spaltöffnungen in der Oberfläche verloren geht, steht die Blattnervatur in engem Zusammenhang mit der Photosyntheseleistung, also der Energiegewinnung einer Pflanze. Die Entstehung der hochentwickelten und extrem leistungsfähigen Nervatur bei den Blütenpflanzen (Angiospermen) ist eine der Voraussetzungen dafür, dass sich die hochproduktiven tropischen Regenwälder in ihrer heutigen Form überhaupt entwickeln konnten. Denn ohne den effektiven Wassernachschub und die damit verbundenen hohen Verdunstungsraten würden die Niederschläge beispielsweise in Amazonien deutlich geringer ausfallen! Und nur durch die Effizienz dieses Systems von Leitungsbahnen konnten die Pflanzen trotz eines seit der Kreidezeit sinkenden CO_2-Gehalts der Atmosphäre noch die notwendigen Photosyntheseraten erzielen. ↘

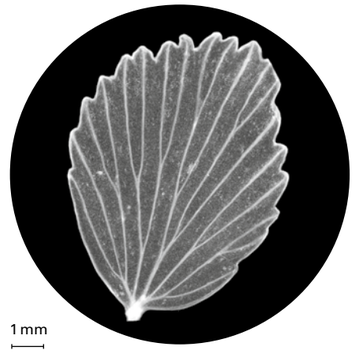


Ausschnitt aus der Blattnervatur von *Ochna membranacea*, einem kleinen Baum aus dem tropischen Afrika mit Feinnerven und linsenförmigen Spaltöffnungen, hier in einer lichtmikroskopischen Aufnahme. Über Blattnerven- und Spaltöffnungsdichte können sich Pflanzen an Umweltbedingungen anpassen.

Computertomografische Digitalisate nach Umwandlung der 3D-Daten in virtuelle 2D-Darstellung.



Blattnervaturausschnitt von *Burkea africana*, einer häufigen Baumart afrikanischer Savannen.



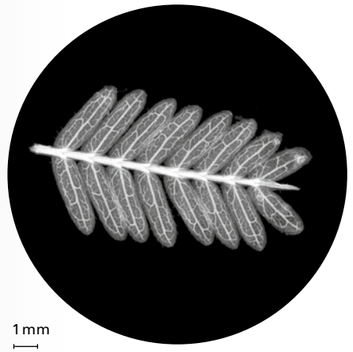
Ursprünglicher Blattnervaturtyp mit gabeliger Verzweigung der Nerven, hier bei der Farnart *Anemia abbottii*.

Unzureichend erforschtes Netzwerk
Im Laufe der Evolution entwickelte sich eine erstaunliche Vielfalt hinsichtlich der Architektur der Blattnervatur. Welche Funktion bzw. welche Vorteile der eine oder andere Netzwerktyp hat, konnte bisher nur ansatzweise geklärt werden. Unklar ist auch, welche Rolle die Blattnervatur für die „Blattökonomie" – dazu gehören beispielsweise Photosyntheserate und Lebensdauer eines Blatts – spielt oder in welchem Maße sie sich an Veränderungen des Klimas anpassen kann.

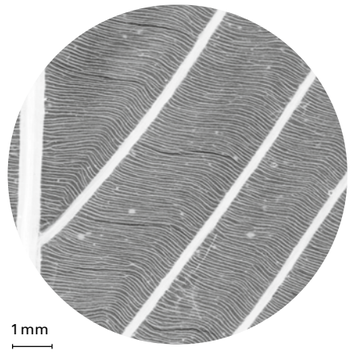
Vielfach liegt unser nur lückenhaftes Wissen zur Blattnervatur schlichtweg darin begründet, dass die Anzahl verfügbarer Blattnervaturpräparate im Vergleich zur vorhandenen Vielfalt immer noch gering ist. Ihre Herstellung ist sehr zeitintensiv und nur sehr wenige sind digital verfügbar, was die Erforschung der Zusammenhänge erschwert. Und genau hier kommen wissenschaftliche Sammlungen ins Spiel. Sie beherbergen Millionen historischer und rezenter Pflanzenbelege, zusammen mit Informationen über deren Wuchsorte. Könnte man diese Archive online verfügbar machen, so wäre man der Entschlüsselung unserer Fragen einen großen Schritt näher.

Zerstörungsfrei gewonnene Digitalisate
Drei Senckenberg-Abteilungen haben sich daher für ein standortübergreifendes Projekt zusammengetan. Die Frankfurter Abteilungen „Botanik und Molekulare Evolutionsforschung", „Messelforschung und Mammalogie" sowie die Abteilung „Botanik" in Görlitz forschen seit 2014 an der Verbesserung von Verfahren zur nicht destruktiven Digitalisierung der Blattnervatur aus Herbarsammlungen. Sie verwenden dazu verschiedene 2D- und 3D-Röntgenmethoden. Der Reiz der Verfahren liegt in den höheren Durchsatzraten und vor allem darin, dass das untersuchte Blattmaterial nicht zerstört wird. Bei mitunter einzigartigen Blattproben aus Sammlungsbeständen ist dies besonders wichtig.

Neue Standards entwickelt
Im Rahmen des LIS-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Aufbau leistungsfähiger Literaturversorgungs- und Informationssysteme wurden bereits Teile unserer Sammlungen bearbeitet und 3583 Digitalisate über eine öffentlich zugängliche Datenbank bereitgestellt (Cleared Leaf Image Database, www.clearedleavesdb.org). Neben einer im Vergleich zum Industriestandard um den Faktor 3,6 verbesserten Auflösung bei der 2D-Kontaktmikroradiografie wurden neue Digitalisierungsstandards für computertomografische 3D-Verfahren entwickelt. Diese neuen Techniken sind ein wichtiger Schritt mit großem Potenzial für die Nutzbarmachung von Herbarsammlungen für zahlreiche wissenschaftliche Einrichtungen, die auf den Gebieten Physiologie, Makroevolution, Systematik, Paläobotanik, Paläoökologie und über die Auswirkungen des Klimawandels auf die organismische Biodiversität forschen. ↙



Nervatur eines Fiederblatts des afrikanischen Schmetterlingsblütlers *Acacia sieberiana*.



Besondere Blattnervatur mit parallel verlaufenden eng stehenden wellenförmigen Feinnerven bei *Froesia venezuelensis*, einer seltenen endemischen Art venezolanischer Bergregenwälder.

DIE AUTOREN

Dr. Julio V. Schneider studierte Biologie und Geografie in Frankfurt a. M. Von 2004 bis 2010 arbeitete er am Lehrstuhl für Spezielle Botanik der Universität Leipzig, ehe er sich der Abteilung Botanik und Molekulare Evolutionsforschung anschloss. Seit 2018 ist er Laborleiter in der Sektion Entomologie III.

Die übrigen Autoren sind die am Projekt beteiligten Mitarbeiter aus den Abteilungen Botanik (Prof. Dr. Georg Zizka) sowie Messelforschung und Mammalogie (Dr. Renate Rabenstein und Dr. Jörg Habersetzer) am Standort Frankfurt. Auch die Botaniker von Senckenberg Görlitz (Prof. Dr. Karsten Wesche und Dr. Jens Wesenberg) sind vertreten.

Cleared Leaf Image Database:
www.clearedleavesdb.org