

Vorwissenschaftliche Arbeit im Rahmen der Reifeprüfung

Vergleich von pflanzenanatomischen Merkmalen im Hinblick auf Wachstumsunterschiede bei tropischen Baumarten in Costa Rica

Lisa Theresa Gasser

8C 2015/16

Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Wien 4
Wiedner Gymnasium/Sir Karl Popper Schule
A-1040 Wien, Wiedner Gürtel 68

Betreuungslehrperson: Mag. Peter Pany

Vorgelegt am Datum (12.2.2016)

Abstract

In der folgenden vorwissenschaftlichen Arbeit wird untersucht, wie pflanzenanatomische Merkmale das Wachstum von Bäumen, insbesondere von tropischen, beeinflussen. Verwendet werden können diese Ergebnisse für spätere Wiederbewaldungen.

Neben den wasserleitenden Zellen des Xylems (Wasserleitung) wurden auch Parenchymzellen (Synthese und Speicherung), Kollenchymzellen (Stabilität), Sklerenchymzellen (Stabilität) und zuckerleitende Zellen des Phloems (Leitung von Nährstoffen) untersucht.

Diese Untersuchungen liefen wie folgt ab: In Costa Rica selbst wurden Holzproben genommen, die in Österreich dann weiter verarbeitet wurden. Die Äste wurden quer durchgeschnitten und aus diesen Schnitten Fixpräparate erstellt, die mithilfe eines Computerprogramms vermessen wurden.

Gemessen wurden hierbei die Durchmesser der wasserleitenden Zellen. Außerdem wurde noch auf die Dicke der Zellwände und die Lumina der restlichen Zellen des Xylems geachtet. Diese Werte wurden jedoch nicht gemessen, sondern nur untereinander verglichen.

Aus diesen Untersuchungen kann man schließen, dass der Durchmesser der wasserleitenden Zellen einen Einfluss auf die Schnelligkeit des Wachstums hat. Schnell wachsende Arten haben einen deutlich größeren Durchmesser. Es ist auch zu beobachten, dass langsame Arten dickere Zellwände und kleinere Lumina haben.

Erwähnt werden muss allerdings, dass diese Schlussfolgerungen basierend auf nur drei langsam und drei schnell wachsenden Baumarten gezogen worden sind.

Abstract	2
1. Einleitung	5
1.1. Lage und Sekundärwald	5
1.2. Verwendete Literatur und Aufbau der Arbeit	6
1.3. Typen pflanzlicher Zellen und deren Funktionen	7
1.3.1. Parenchymzellen	7
1.3.2. Kollenchymzellen	7
1.3.3. Sklerenchymzellen	8
1.3.4. Wasserleitende Zellen des Xylems	8
1.3.5. Zuckerleitende Zellen des Phloems	9
1.4. Besonderheiten in der Anatomie von tropischen Hölzern	9
1.4.1. Tracheen (wasserleitende Zellen)	10
1.4.2. Fasern	10
1.4.3. Parenchym	11
1.4.3.1. Holzstrahlen	11
1.4.3.2. Längsparenchym	12
1.4.3.3. Gemeinsamkeiten von Holzstrahlen und Längsparenchym	12
1.4.4. Sekretkanäle	13
1.4.4.1. Harzkanäle	13
1.4.4.2. Latexkanäle	13
1.5. Wachstum	14
1.5.1. Primäres Längenwachstum	14
1.5.2. Sekundäres Dickenwachstum	15
1.6. Fragestellungen und Hypothesen	17
2. Methodik	19
2.1. Sammeln des Materials	19
2.2. Schneiden der Proben	19
2.3. Färben der Schnitte	22
2.4. Erstellen eines Fix-Präparates	22
2.5. Fotografieren und auswerten	23
3. Ergebnisse	23

3.1. Langsam wachsende Arten	24
3.1.1. Symphytum globulifera	24
3.1.2. Machrolobium hartshornii	25
3.1.3. Buchenavia costaricensis.....	26
3.2. Schnell wachsende Arten	27
3.2.1. Anacardium excelsum	27
3.2.2. Cedrela odorata.....	28
3.2.3. Ochroma pyramidale.....	29
4. Diskussion.....	30
5. Literaturquellen.....	34
6. Abbildungsverzeichnis.....	35

1. Einleitung

Auf der ganzen Welt werden Wälder abgeholzt, besonders in der tropischen Klimazone. Als Gegenmaßnahme zur Klimaerwärmung werden jedoch viele Wälder wiederbewaldet, weil Bäume das Treibhausgas CO₂ binden, also der Atmosphäre entziehen, das maßgeblich an der Klimaerwärmung beteiligt ist.

Deshalb wurde im Rahmen eines Projektes, das die Universität für Bodenkultur (BOKU) in Wien wissenschaftlich betreut, in Costa Rica eine 15 ha große Fläche wiederbewaldet.

Das Ziel der Arbeit ist es, im Rahmen dieses Projektes schnell und langsam wachsende Bäume zu suchen, zu erörtern, wie man das außer an den Wachstumsraten feststellen kann, also auf der anatomischen Basis, und festzustellen, ob schnell oder langsam wachsende Arten für solche Projekte bevorzugt werden sollen.

1.1. Lage und Sekundärwald

Dieses Projekt entsteht in der Region Golfo Dulce, die im Süden Costa Ricas liegt. Die Region grenzt direkt an Panama und ist eine der artenreichsten in den Tropen.

Die Lage der wiederbewaldeten Fläche ist auf Abbildung 1 rot markiert.



Abb. 1: Lage der Wiederbewaldungsfläche

Der Begriff „Sekundärwald“ bezeichnet einen Wald, der nach menschlicher Einwirkung wie z. B. Rodung entsteht, einen Wald, der von Menschen bewirtschaftet wird oder einen Wald, der nach Naturkatastrophen oder auch nur Natureinwirkungen entsteht.

„Auch ohne menschlichen Einfluss treten in Regenwäldern immer wieder Lücken auf, durch Windwurf, Blitzschlag, Pilzbefall, Insektenfraß oder Absterben alter Bäume. Letzteres vollzieht sich allerdings meist so langsam, dass nie wirklich eine Lücke entsteht. In Hanglagen kommen Erdbeben hinzu, in trockenen Wäldern auch Feuer. Regenwälder sind normalerweise zu nass um zu brennen; kommt es aber doch zu Waldbränden, so sind diese umso verheerender.“ (Rowher 2000: S. 10)

Die vom Menschen nicht beeinflusste Form des Waldes nennt man „Primärwald“. Da ein Großteil der Wälder in der tropischen Klimazone für die Wirtschaft genutzt wird/wurde, kommen dort meistens Sekundärwälder vor, da Wiederbewaldung betrieben wird. Auch wenn die Wälder nicht gänzlich abgeholzt und wiederbewaldet werden, gelten sie als Sekundärwälder. Für diese Definition reicht es schon, dass der Wald von toten Bäumen gesäubert wird.

Dieser Unterschied ist deshalb wichtig, da in dieser VWA ausschließlich die Entstehung eines Sekundärwaldes beschrieben wird und daher auch die Proben aus einem Sekundärwald stammen.

1.2. Verwendete Literatur und Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit ist in vier Abschnitte gegliedert. Der erste Teil behandelt die Forschungsfragen und den theoretischen Hintergrund als Ergebnis der Literaturliteraturarbeit, der in der Diskussion dann für Vergleiche verwendet wird.

Das eine für diese Arbeit herangezogene grundlegende Werk ist von Campbell, Reece u. a. geschrieben, die sich in diesem Werk neben vielen anderen Themen mit dem Aufbau von Bäumen und deren Wachstum beschäftigen (vgl. Campbell: 2009). Dieses Buch liefert die Grundlagen für den Teil, der sich mit den unterschiedlichen Pflanzenzellen beschäftigt und jenen Teil, der das Wachstum von Gehölzen behandelt.

Das Wissen über die Zellarten und den Ablauf des Wachstums ist wichtig für die nachfolgenden Vergleiche, da diese sich nicht nur auf die Zellen beziehen, sondern auch auf das Wachstum.

Das zweite grundlegende Werk, von Harzmann verfasst, beschäftigt sich mit den anatomischen Besonderheiten von tropischen Hölzern. In dem Werk werden tabellarisch die anatomischen Merkmale von tropischen Hölzern mit denen von Hölzern aus der gemäßigten Breitenzone verglichen (vgl. Harzmann: 1988).

Im zweiten Teil wird die Methodik zur Untersuchung der entnommenen Holzproben erläutert.

Der dritte Teil dieser VWA widmet sich der genauen Untersuchung der Präparate der einzelnen Hölzer und dokumentiert die Ergebnisse.

Der vierte und letzte Teil der Arbeit ist die Diskussion. Hier werden sowohl die Ergebnisse diskutiert als auch die Forschungsfragen – soweit möglich – beantwortet.

1.3. Typen pflanzlicher Zellen und deren Funktionen

1.3.1. Parenchymzellen

Parenchymzellen haben eine dünne Primärzellwand. Ihre biologische Funktion ist die Synthese und Speicherung von zahlreichen Stoffen. Auch die Photosynthese findet in den Chloroplasten in Parenchymzellen statt. Da diese strukturell am wenigsten differenziert sind, werden sie oft als die typischen Pflanzenzellen vorgestellt. Unter anderem speichern sie auch Stärke. Daraus folgt, dass die meisten Früchte aus Parenchymzellen bestehen. Unter Laborbedingungen können sie sich in die anderen Zelltypen differenzieren, die später beschrieben werden. Somit können ganze Pflanzen aus einer einzigen Parenchymzelle gezogen werden. (vgl. Campbell: 2009)

1.3.2. Kollenchymzellen

Diese Zelltypen besitzen genauso wie die Parenchymzellen eine Primärzellwand. Diese ist jedoch dicker. Ihre Aufgabe ist es, den jungen Pflanzensprossen Halt zu bieten, ohne sie dabei am Wachstum zu hindern. Dies gewährleisten sie, indem sie auch noch im

ausgewachsenen Stadium der Pflanze lebendig und biegsam sind. Sie liegen direkt unter der Epidermis in Form eines Strangs. (vgl. Campbell: 2009)

1.3.3. Sklerenchymzellen

Sklerenchymzellen haben sowohl eine primäre als auch eine sekundäre Zellwand. Genauso wie die Kollenchymzellen sind sie dafür da, der Pflanze Halt zu geben. Der Unterschied ist jedoch, dass sie viel starrer als die Kollenchymzellen sind, da sie im Gegensatz zu Kollenchymzellen Lignineinlagerungen in der sekundären Zellwand haben. Daher kommen sie nur in ausgewachsenen Pflanzenteilen vor. Sie sterben jedoch schon vor der funktionellen Reife des Gewebes ab. Ihre Sekundärwände hinterlassen sie jedoch als „Skelett“ für die Stabilität. Sie lassen sich in Steinzellen (Sklereiden) und Faserzellen (Sklerenchymfasern) unterteilen. Letztere sind ausschließlich auf Festigkeit und Stabilisierung ausgelegt. Steinzellen kommen beispielsweise in Nussschalen und Birnen vor, Faserzellen befinden sich z.B. in Hanf- und Flachsfasern. (vgl. Campbell: 2009)

1.3.4. Wasserleitende Zellen des Xylems

Es gibt zwei verschiedene Arten von wasserleitenden Zellen: einerseits die Tracheiden, andererseits die Gefäßelemente. Beide Typen sind röhrenförmige, längliche Zellen oder Zellketten. Sie sterben bei der funktionellen Reife ab. Die Tracheiden sind im Xylem von fast jeder Gefäßpflanze zu finden. Einige Pflanzenarten besitzen auch zusätzlich Gefäßelemente. Wenn die Zellen absterben, bleiben verholzte und verdickte sekundäre Zellwände zurück. Sie bilden Leitungsröhren, die mit Kapillarwirkung das Wasser befördern. Tracheiden werden durch die Lignin-Einlagerungen verstärkt. Das hat zur Folge, dass sie nicht unter der Saugspannung kollabieren. Gefäßelemente sind breiter und kürzer als Tracheiden und haben dünnere Wände. Sie schließen sich über die Endwände zusammen und bilden dadurch lange Mikroröhren. Die Endwände sind durchbrochen. Durch diese Unterbrechungen kann das Wasser frei durch die Tracheenkette fließen. Tracheen haben einen größeren Durchmesser als Tracheiden. Das hat einen evolutionären Vorteil, da mehr Wasser transportiert werden kann. (vgl. Campbell: 2009)

1.3.5. Zuckerleitende Zellen des Phloems

Diese Zellen sterben im Unterschied zu den wasserleitenden Zellen beim Erreichen der funktionellen Reife nicht ab. Diese Zellen sind bei samenlosen Gefäßpflanzen und bei Gymnospermen lange schmale Zellen (Siebzellen). Beim Phloem der Angiospermen übernehmen diese Funktion die Siebröhrenglieder. Dies sind säulenförmig angeordnete Zellen.

Siebröhrenglieder leben, es fehlt ihnen jedoch der Zellkern, die Ribosomen, eine abgegrenzte Vakuole und Bestandteile des Cytoskeletts. Durch diesen freien Raum in der Zelle können die Nährstoffe die Zelle leichter durchqueren. Die Enden der Siebröhrenglieder besitzen Poren (Siebplatten), durch die Stoffe von Zelle zu Zelle weitergeleitet werden. Rund um diese Zellen befinden sich Geleitzellen, deren Zellkerne und Ribosomen auch die Siebröhrenglieder versorgen. Geleitzellen und die Siebröhrenglieder haben die gleichen Mutterzellen. Deshalb sind sie durch besonders viele Plasmodesmen verbunden, durch die die oben erwähnte Versorgung vonstatten geht.

Die Siebröhren transportieren die Stoffe schneller und effektiver an den Ort, an dem sie gebraucht werden. Dieser evolutionäre Unterschied hat es den Angiospermen ermöglicht sich durchzusetzen. (vgl. Campbell: 2009)

1.4. Besonderheiten in der Anatomie von tropischen Holzern

Es ist wohl wenig verwunderlich, dass die Eigentümlichkeiten von tropischen Holzern alle auf ihrer speziellen Anatomie beruhen. Bei genauerer Betrachtung wird man erkennen, dass sie das selbe Bauprinzip wie Bäume in den gemäßigten Breiten haben, jedoch variieren sie sehr stark in Dimension und Form. Auch innerhalb der tropischen Hölzer variiert die Anatomie sehr stark.

Die Zusammensetzung des Holzes aus diesen an sich schon sehr verschiedenen Zelltypen macht einen weiteren großen Unterschied aus.

Für diese Differenzen zwischen den Holzern sind sowohl die artentypische Bauweise als auch Umwelteinflüsse verantwortlich.

Dazu kommt noch, dass die Laubhölzer, die in dieser Arbeit ausschließlich verwendet und bearbeitet werden, eine weit größere Varianz in der Zusammensetzung des Holzes aufweisen als die Nadelhölzer. Der Großteil der Laubhölzer besitzt eine zerstreutporige Struktur, die noch nicht so gut erforscht ist wie jene anderer Laubhölzer und jene der Nadelhölzer, insbesondere die Zusammenhänge zwischen den Zelltypen und die Zusammensetzung des Holzes aus den verschiedenen Zelltypen. Ringporiger Bau tritt äußerst selten auf. (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.1. Tracheen

Die Länge von Tracheen variiert grundsätzlich zwischen 80 μm und 2000 μm . Diese großen Differenzen findet man jedoch nur in den Tropen. In den gemäßigten Klimazonen wie im mitteleuropäischen Raum findet man nur eine Varianz von 100 μm bis 700 μm .

Auch der Durchmesser der Tracheen hat eine große Spannweite. In den Tropen kann dieser bis zu 300 μm breit sein (z.B. bei Balsaholz). In den gemäßigten Zonen werden 150 μm kaum überschritten.

Die Schlussfolgerung aus diesen Daten ist, dass die Tracheen in den Tropen im Durchschnitt länger sind und einen größeren Durchmesser haben als die Laubbäume in den gemäßigten Zonen.

Im Mikroskop sind die Tracheen im Querschnitt als Poren zu sehen. Beim Längsschnitt fallen sie als so genannte Nadelrisse auf. Hier fallen sie nicht nur wegen ihres großen Gefäßdurchmessers auf, sondern auch, da diese Gefäße gehäuft auftreten können, wenn sie einen geringen Lumendurchmesser haben.

Auch hier können diese Angaben innerhalb einer Spezies stark variieren. Dies alles hängt von den verschiedenen Standortfaktoren wie Licht, Wasser, Klima, ... ab. (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.2. Fasern

Wenig überraschend sind die Fasern der tropischen Laubhölzer länger als die in Europa. Im Durchschnitt sind sie in den gemäßigten Zonen 1600 μm lang. Diese Zahl wird höchst selten überschritten, und das auch nur bis zu maximal 2000 μm . In den Tropen gibt es Längen zwischen 900 μm bis hin zu 3600 μm . Auch diese ganz kurzen Fasern sind unter

den Durchschnittswerten in Europa nicht zu finden. Diese Fasern sind wie oben erwähnt für die Festigkeit des Holzes verantwortlich. Sie haben einen relativ hohen Wandanteil im Vergleich zu ihren Lumina.

Auch in der Wanddicke der Fasern ist ein Unterschied zwischen Europa und den Tropen festzustellen. In Europa variiert sie zwischen 3 μm und 6,5 μm . Die Fasern der Tropen haben eine Wanddicke zwischen 1 μm (geringste gemessene Wanddicke bis jetzt) und 10 μm . Selten kommt eine Überschreitung bis zu 15 μm vor. Auch hier gibt es innerhalb einer Spezies große Differenzen. Besonders auf die Länge der Fasern nehmen folgende Gründe erheblichen Einfluss:

„Wachstumsphase (juven. – adult), Anfangs- und Endzonen der Zuwachsringe, Höhenlage im Baum, Reaktionsholz, Wuchstempo, Komplex: Klima – Standort – Witterungsablauf, soziologische Stellung, Himmelsrichtung;“ (Harzmann 1988: S.68)

1.4.3. Parenchym

Das Parenchym besteht aus einer dünnen Wand mit einem verhältnismäßig großen Innenraum. Die Zuständigkeitsbereiche dieser Zellen betreffen die Speicherung von Stoffen und manchmal auch die Festigung des Holzes.

Jeder Laubbaum verfügt über ein radial verlaufendes Parenchym (Holzstrahlen). Das längsorientierte Parenchym (Axial-Parenchym, Längsparenchym) ist jedoch nicht bei allen Laubbäumen zu finden. Diese Gegebenheit ist wichtig zur Artenbestimmung über die Anatomie. (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.3.1. Holzstrahlen

Holzstrahlen bestehen aus Parenchymzellen. Die Zusammensetzung kann verschieden aussehen: Die erste Form nennt man homogen, denn sie besteht aus gleichartig geformten Parenchymzellen. Die zweite Möglichkeit sind verschieden geformte Parenchymzellen. Diese Form bezeichnet man als heterogen. Dazu gibt es noch die Möglichkeit, dass sie einreihig oder mehrreihig vorkommen.

Acht Bautypen können unterschieden werden. Die Kriterien dafür sind: Homogenität, Heterogenität, Form, Größe und Anordnung der Kantenzellen, sowie die Art der Tüpfelung der Parenchymzellen (vgl. Wagenführ: 1980). In den Tropen ist diese

Bestimmung der Kantenzelltypen und des Holzstrahlbaus schwieriger, da der Bau differenzierter ist als bei den Laubbäumen in der gemäßigten Zone. Die Kantenzellen sind deshalb so wichtig, da sie eine andere physiologische Aufgabe erfüllen als die inneren Holzstrahlzellen.

Eines der Charakteristika von tropischen Hölzern ist eine differenzierte Form sowie die verschiedenen Größen (Länge, Durchmesser) von Holzstrahlen. (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.3.2. Längsparenchym

Auch das Längsparenchym ist für die Speicherung von verschiedenen Stoffen zuständig. Nach der Verkernung sind dies die Kernstoffe. In den gemäßigten Zonen verfügen sehr wenige Holzarten über ein Längsparenchym. Und auch wenn dieses vorkommt, ist es nicht in dieser ausgeprägten Form und großen Menge wie bei vielen tropischen Hölzern vorhanden. Die Zellen des Längsparenchyms sind einzeln, in Strängen, Steifen oder Bändern in das umliegende Zellgewebe eingebettet, dies geschieht in der Form faserparallel und längsgestreckt.

Es gibt aber auch tropische Holzarten, die kein Längsparenchym aufweisen. Einige tropische Holzarten haben zwar ein Längsparenchym, dieses tritt aber in so kleinen Mengen auf, dass man es selbst unter dem Mikroskop leicht übersehen kann. Dies passiert aber nur, wenn es in geringen Mengen und isoliert vorkommt. (vgl. Harzmann: 1988)

Um dem vorzubeugen, werden die Proben für die mikroskopische Analyse eingefärbt, da die verschiedenen Farbstoffe in unterschiedlichen Geweben verschieden reagieren.

1.4.3.3. Gemeinsamkeiten von Holzstrahlen und Langsparenchym

Sowohl Längsparenchym als auch die Holzstrahlen sind die Hauptspeicher des Baumes. Dort sind die Holznebenbestandteile deponiert. Die Menge und die Beschaffenheit dieser Stoffe sind für die Beständigkeit des Tropenholzes verantwortlich. Wegen der Einlagerung von Eiweiß und Stärke sind sie oft von Schädlingen, holzerstörenden Organismen und Pilzen befallen. Es gibt auch spezialisierte Speicherzellen mit besonderen Inhalten wie Öl, Gerbstoff, Schleim und Siliciumpartikel (SiO_2). (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.4. Sekretkanäle

Manche Laubhölzer in den Tropen haben sogar harzführende Interzellulargänge. In den gemäßigten Zonen ist dies nur von Nadelhölzern bekannt. In diesen Gängen werden verschiedene Substanzen erzeugt, weshalb diese Kanäle in zwei Gruppen einzuteilen sind: Es gibt Harzkanäle, die Ölharz oder Gummiharz beinhalten, sowie Latexkanäle. (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.4.1. Harzkanäle

Die Harzkanäle verlaufen meistens vertikal. Nur selten treten sie radial auf. Wenn dies der Fall ist, stehen sie mit den Holzstrahlen in Verbindung oder sie befinden sich innerhalb der Holzstrahlen. Sie sind daher immer von Parenchymzellen umgeben. Ihr Durchmesser bewegt sich zwischen 20 µm und 200 µm. Sie können auf vier verschiedene Arten im Holz verteilt sein: verstreut, als kurze tangentiale Gruppen, relativ vereinzelt oder in konzentrischen langen tangentialen Gruppen. Die langen konzentrischen Gruppen sind manchmal an den Wuchsringen gelegen, häufiger jedoch an jeder anderen beliebigen Stelle. Dort imitieren sie dann Wuchsringgrenzen, was bedeutet, dass sie mit freiem Auge oft für Wachstumsringe gehalten werden.

Radiale Harzkanäle können auch ohne vertikale Harzkanäle auftreten. (vgl. Harzmann: 1988)

1.4.4.2. Latexkanäle

Latexkanäle sind röhrenförmige verschmolzene Zellen. Sie enthalten Milchsaft (Latex). Auch sie sind wie die Harzkanäle von parenchymatischen Zellen umgeben. Sie treten in Gruppen mit Abständen von 0,5 m bis 1,0 m auf. Da sie auch im Holz so weit voneinander entfernt sind, haben sie eine relativ große Breite von 2 mm bis zu 3 mm. Auch deren Länge, die man als Höhe bezeichnen könnte, ist mit Werten zwischen 15 mm und 20 mm als relativ groß bzw. lang einzustufen. Wenn sie in Hölzern auftreten, sind sie daher bei Weitem die größten Zellen. (vgl. Harzmann: 1988)

1.5. Wachstum

Das Wachstum von Bäumen ist unbegrenzt, das heißt, sie wachsen kontinuierlich ihr ganzes Leben lang. Dieses kontinuierliche Wachstum, auch als offene Organisation bekannt, beschränkt sich natürlich auf die Wurzeln und die Sprossen und auch auf eine gewisse Höhe, in die das Wasser trotz Kapillarwirkung wegen der Schwerkraft nicht mehr gelangt. Blüten und Blätter hingegen verfügen über ein beschränktes Wachstum. Bei Pflanzen unterscheidet man zwischen einjährigen (annuell), zweijährigen (bienn) und mehrjährigen (perennierend) Arten. Alle Bäume sind der letzteren Art zuzurechnen. Das oben erwähnte fortlaufende Wachstum ist nur durch verschiedene Arten von Meristemen möglich. Unter Meristemen versteht man embryonales Gewebe von Bäumen. Die Meristemzellen teilen sich und produzieren so neue Meristemzellen. Einige dieser Zellen verbleiben in der Meristemregion und bilden weitere Meristemzellen. Die anderen differenzieren sich zu diversen Geweben und Organen der Pflanze.

Beim Wachstum unterscheidet man zwischen dem primären Wachstum und dem sekundären Dickenwachstum. Das primäre Wachstum findet in den Sprossspitzen statt. Das sekundäre Wachstum vergrößert den Umfang des jeweiligen Organs der Pflanze. Das sekundäre Dickenwachstum findet zwar zur gleichen Zeit, aber nur in den Regionen statt, in denen das primäre Wachstum schon abgeschlossen ist. (vgl. Campbell: 2009); (vgl. Böhlmann: 2009)

1.5.1. Primäres Längenwachstum

Unter primärem Wachstum versteht man Längenwachstum. Dies geschieht vor allem durch Streckungswachstum der Internodienzellen.

Dieses Längenwachstum ermöglicht den Sprossen mehr und besseren Zugang zu CO₂ und Licht. Das primäre Wachstum findet auch in den Wurzeln statt, jedoch wird darauf in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen. Das primäre Wachstum geht von den sogenannten Apikalmeristemen aus. Diese Meristeme sind kuppelartig am Ende der Sprosse und bestehen aus sich teilenden Zellen.

Von diesen Meristemen bleiben sogenannte Blattprimordien zurück, aus denen sich später Blätter bilden.

Aus Achselknospen können auch zu einem späteren Zeitpunkt noch Sprossen entstehen, da dies Regionen sind, in denen die Meristeme auch dann erhalten bleiben, wenn das sekundäre Wachstum einsetzt. Diese Meristeme nennt man auch Intercalarmeristeme. Dies funktioniert, da sich die Leitbündel der Bäume fast an der Oberfläche befinden. Dadurch muss ein Spross nicht aus der Mitte kommen, um mit dem Leitgewebesystem in Verbindung zu stehen. Zunächst besteht keine Verbindung zwischen dem Spross und dem Leitgewebesystem, aber durch Funktions- und Strukturänderung entsteht eine solche. Das Leitgewebe in diesen Teilen der Pflanze verläuft in Strängen, in der Fachsprache „Leitbündel“ genannt. (vgl. Campbell: 2009); (vgl. Böhlmann: 2009)

1.5.2. Sekundäres Dickenwachstum

Bei verholzten Pflanzen tritt zusätzlich das schon oben erwähnte sekundäre Dickenwachstum auf. Dieses ist für die Verdickung der Sprossen und Wurzeln verantwortlich. Wie schon beim primären Wachstum wird nur auf das Wachstum der Sprossen eingegangen. Für diese Art von Wachstum sind laterale Meristeme verantwortlich. Sie bilden in den älteren Teilen der Pflanzen, also jenen Teilen, die nicht mehr vom primären Wachstum betroffen sind, Zylinder aus teilungsaktiven Zellen.

Beim sekundären Dickenwachstum sind besonders zwei laterale Meristeme wichtig:

Einerseits bildet das Cambium, genauer gesagt das Leitgewebe-Cambium, das sekundäre Xylem, also das Holz. Außerdem wird davon auch noch das sekundäre Phloem, der Bast, gebildet. Indem das Cambium das sekundäre Phloem und das sekundäre Xylem aufbaut, verbessert es die Stabilität und die Leitfähigkeit der Pflanze.

Andererseits gibt es das Korkcambium, das eine widerstandsfähige und dicke Schutzschicht für die Sprossachse bildet. Diese Schutzschicht ersetzt die Epidermis.

Das Leitgewebe-Cambium ist ein Zylinder aus Meristemzellen. Dieser Zylinder macht den größten Teil des Zuwachses einer verholzten Pflanze aus. Sehr wichtig zu wissen ist, dass das Cambium aus undifferenzierten Parenchymzellen aufgebaut ist.

Im Querschnitt gesehen bildet das Cambium zur Innenseite hin, durch Differenzierung der Zellen, das sekundäre Xylem. Zur Außenseite hin bildet sich, auch durch Differenzierung der Zellen, das sekundäre Phloem. Dadurch wird der Umfang des Cambiums und somit jener der gesamten Pflanze immer größer.

Im sekundären Gewebe befinden sich Holz- und Baststrahlen. Diese verbinden das sekundäre Xylem mit dem sekundären Phloem. Ihre Aufgabe ist der Quertransport, weiters speichern sie Kohlenhydrate und sind ein Teil der Wundheilung.

Das sekundäre Xylem besteht zum größten Teil aus Tracheiden, Tracheenglieder und Fasern. Es ist außerdem stark verholzt und dadurch für die Härte des Holzes verantwortlich.

Bei vielen tropischen Hölzern tritt ein sehr hoher Verkernungsgrad auf, was bedeutet, dass sie sehr schwer und stabil sind.

Je größer der Querschnitt, also das Lumen der wasserleitenden Zellen, und je dünner die Zellwand ist, desto besser kann Wasser geleitet werden.

Nur die äußeren Jahresringe, das Splintholz, ist zum Transport von Wasser fähig. Da der Umfang (und somit auch der Flächeninhalt des Splintholzes) immer größer wird, kann der Baum auch immer mehr Laub versorgen. Mit freiem Auge ist erkennbar, dass Kernholz dunkler als Splintholz ist - dies deshalb, weil im Kernholz Harze und andere Substanzen eingelagert sind.

Da die Epidermis beim sekundären Dickenwachstum in einem sehr frühen Stadium reißt, ist das Korkcambium sehr wichtig. Bevor die Epidermis einreißt, wird das Korkcambium gebildet. Es entsteht in der äußeren Rinde und differenziert sich zu Korkzellen des Phellems. Diese Korkzellen sterben ab. Bevor sie aber absterben, lagern sie Suberin (wasserabweisend) und Wachse (ebenfalls wasserabweisend) ein. Dadurch ist das Periderm meistens wasser- und gasundurchlässig. Das erste Korkcambium reißt dann erneut ein und differenziert zu Korkzellen. Vorher wird weiter innen ein neues Korkcambium ausgeprägt. Ältere Peridermschichten lösen sich mit der Zeit ab. Die wichtigste Funktion neben Wasser- und Gasundurchlässigkeit ist, dass es auch gegen Feuer schützt. Zur sekundären Rinde gehören alle Teile, die außerhalb des Cambiums liegen. (vgl. Campbell: 2009); (vgl. Böhlmann: 2009)

1.6. Fragestellungen und Hypothesen

In der folgenden vorwissenschaftlichen Arbeit wird das Hauptaugenmerk auf die pflanzenanatomischen Merkmale und deren Einfluss auf das Wachstum von verschiedenen tropischen Hölzern gelegt, da das Wachstum eine wichtige Grundbedingung für eine möglichst schnelle Entwicklung eines Waldes ist.

Diese Untersuchungen werden sich ausschließlich auf Astproben von tropischen Baumarten beziehen, die in Costa Rica wachsen und von der Universität für Bodenkultur in Wien auf ihren Wiederbewaldungsflächen im Regenwald der Österreicher in der Region Golfo Dulce angepflanzt werden.

Mithilfe dieser Untersuchungen wird auch die Frage beantwortet, wodurch sich langsam wachsende Bäume von schnelleren Arten in einem Sekundärwald - anatomisch gesehen - unterscheiden.

Die Hypothese für diese Forschungen ist, dass das Wachstum von den wasserleitenden Gefäßen abhängig ist. Wie diese Abhängigkeit genau funktioniert, also ob das Wachstum von dem Volumen der wasserleitenden Zellen und/oder deren Anzahl abhängig ist, wird in einem späteren Teil der Arbeit untersucht und erörtert.

Belege zu dieser Hypothese waren in der einschlägigen Fachliteratur nicht zu finden, wodurch sich diese VwA auf Neuland bewegt.

Es kann nur belegt werden, dass Bäume in wasserreichen Jahren mehr wachsen als in wasserarmen Jahren. Dies wird in einem Werk von Böhlmann dargestellt. (vgl. Böhlmann: 2009)

Langsam wachsende Hölzer werden wahrscheinlich weniger Wasserleitungen haben, also das Verhältnis von Flächeninhalt der Gefäße zum Flächeninhalt des Xylems wird größer sein und/oder die durchschnittliche Größe der Wasserleitungen ist kleiner, wodurch sie weniger Wasser transportieren können. Bei der Schnelligkeit des Wachstums wird von der Hypothese ausgegangen, dass es für die Schnelligkeit hinderlich ist, dass dicke Zellwände aufgebaut werden.

Es ist ein offensichtlicher Zwiespalt, welche Arten für die Wiederbewaldung verwendet werden sollen: schnell wachsende, aber kurzlebige Arten oder stabile und dauerhafte Arten, die eine deutlich längere Entwicklungszeit benötigen.

Das Holz wird aber gerade aufgrund der dickeren Zellwände eine höhere Dichte aufweisen und daher stabiler sein.

Stabilität braucht es, um verschiedenen Umweltbedingungen zu widerstehen. Mögliche Natureinflüsse, gegen die die Stabilität etwas ausrichten kann, sind Wind, Blitzschlag und Feuer. Je dichter das Holz ist, also ein je kleineres Lumen und je dickere Zellwände die Zellen des Xylems haben, desto stabiler ist das Holz.

Da im Rahmen dieser VWA auch die zu empfehlende Zusammensetzung eines wiederbewaldeten Waldes erörtert wird, wird auch auf die Dichte des Xylems, also auf das Lumen und die Zellwanddicke der Zellen, die keine wasserleitenden Zellen sind, eingegangen, um die Stabilität des Holzes und somit seine Dauerhaftigkeit bestimmen zu können.

Des Weiteren wird die Baumarten-Zusammensetzung auf den Probeflächen untersucht, da die VWA im Rahmen eines Wiederbewaldungsprojektes entsteht, dessen Ziel es ist, einen intakten Regenwald wieder herzustellen und somit einen ökologischen Korridor zu schaffen.

Dabei ist davon auszugehen, dass - je mehr unterschiedliche Holzarten es gibt - desto mehr Tierarten ein Lebensraum zur Verfügung gestellt wird, da verschiedene Tiere verschiedene Ansprüche an den Wald stellen. Für die einen ist er Rückzugsgebiet, für andere Jagdgebiet und wiederum andere ernähren sich von den Früchten und Bäumen des Waldes.

2. Methodik

2.1. Sammeln des Materials

Eine Woche lang war Zeit, um Holzproben in Form von Astproben zu sammeln. Sechs verschiedene Baumarten wurden ausgewählt, deren Astproben einen Durchmesser von fünf bis acht Millimeter hatten. Diese Astproben wurden auf der Wiederbewaldungsfläche der Tropenstation in La Gamba von der Universität für Bodenkultur in Wien geschnitten. Alle diese Proben stammen aus den in der Einleitung beschriebenen Sekundärwäldern, da der Ort der Entnahme eine Wiederbewaldungsfläche und somit ein Sekundärwald ist.

2.2. Schneiden der Proben

Die Zweigstücke wurden nach Arten getrennt, markiert und getrocknet. Die Herstellung von Fixpräparaten beginnt mit der Verwendung des Rotationsmikrotoms. Dieses Gerät schneidet die Astproben, die auf die Länge von 1 cm gekürzt sind. Bei den Astproben gibt es drei verschiedene Schneidemethoden. Man kann einen Querschnitt anfertigen. Dieser wird gebraucht, um die Dichte sowie die Verteilung, aber auch die Dicke der Kapillargefäße festzustellen.

Mit dem Radialschnitt schneidet man den Ast entlang des Radius. Bei diesem Schnitt ist die Länge der Kapillargefäße zu erkennen. Jedoch verlaufen die Gefäße nicht immer gerade und damit ist nur ein Teil von ihnen auf dem Schnitt ersichtlich, der Rest ist verdeckt.

Die dritte Schneidemethode wiederum, der Tangentialschnitt, zeigt die Stabilisationszellen.

Mit dem Rotationsmikrotom kann man jedoch nur Quer- und Tangentialschnitte herstellen. Diese sind zwischen 10 und 20 Mikrometer dünn und erfordern aufgrund ihrer geringen Dicke ein präzises Arbeiten.



Abb. 2: Rotationsmikrotom

Legende zu Abb. 2:

1. Probenhalterung (zum Einspannen)
2. Einstellen der gewünschten Dicke des Schnittes (5 - 60 Mikrometer)
3. Schneide mit roter Abdeckung und um 45° geneigtes Tischchen, damit das Präparat nicht bricht oder sich einrollt
4. Rotierender Hebel, der konstant durchgezogen werden muss, um einen glatten Schnitt zu erhalten

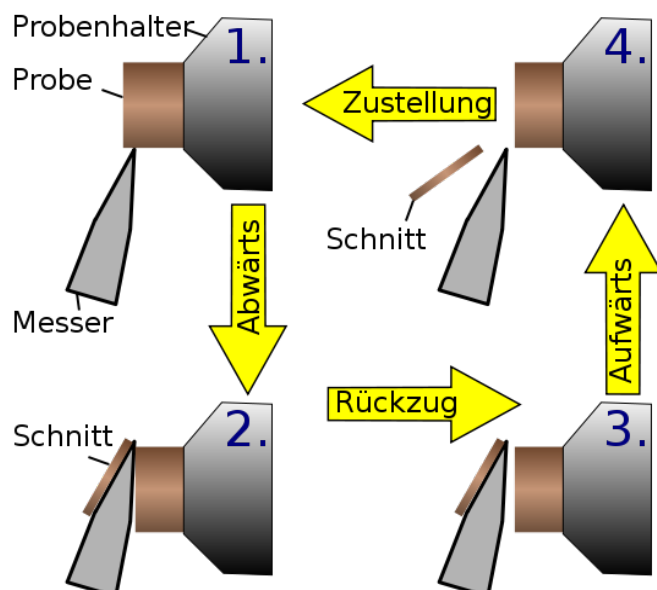


Abb. 3: Ablauf eines Schnittes mit dem Rotationsmikrotom

Beim Schneidevorgang ist es wichtig, dass sowohl das Messer mit der Einwegklinge als auch das Holz auf der zu schneidenden Fläche angefeuchtet sind, sofern das Holzstück nicht in Polyethylenglykol 1500 eingebettet ist. Der nach dem Schnitt abgetrennte Querschnitt wird in destilliertes Wasser eingelegt, damit er sich weder zusammenfaltet noch einrollt.

Dabei können drei verschiedene Arten von Schwierigkeiten auftreten: Das Holz kann zu faserig, zu hart oder zu weich sein.

Wenn das Holz zu faserig ist, muss es eingebettet werden, damit die Fasern nicht einreißen. Um ein gutes Schneiden zu ermöglichen, wird es in Polyethylenglykol (PEG) 1500 eingelagert. Dies geschieht in mehreren Arbeitsschritten. Zuerst wird das PEG erhitzt. Der Schmelzpunkt liegt bei 48°C und deswegen wird das PEG 1500 konstant bei 60°C gehalten. Der Vorgang muss langsam vor sich gehen, da sich alle Poren und Zellen mit PEG füllen müssen. Bei diesem Vorgang wird das Holz komplett dehydriert und das Wasser durch das PEG 1500 ersetzt. Dies geht so vonstatten, dass man das Holz in eine immer höher konzentrierte PEG-Lösung legt und für längere Zeit darin belässt. Während dem ganzen Vorgang muss das PEG im flüssigen Zustand bleiben. Der Vorgang wird beendet, indem die Probe in 100% PEG eingelegt wird. Danach verbleibt der Holzschnitt noch sieben weitere Tage in dem PEG, das konstant bei 60° gehalten wird. Nach der Wartezeit werden die Proben mitsamt dem PEG, das nicht mehr gewechselt wird, in eine Form gegossen. In dieser Form verbleibt das Ganze für weitere 24 Stunden.

Nach dieser Prozedur sollte sich überall im Holz PEG statt Wasser befinden und dieses somit besser schneidbar machen. Eine weitere Möglichkeit ist, statt PEG Paraffin zu verwenden. Wenn die inneren Strukturen in einer Zelle für weitere Untersuchungen wichtig sind, können Harze anstelle von PEG verwendet werden, die diese Strukturen erhalten. Wenn die letztere Methode gewählt wird, können Schnitte angefertigt werden, die nur 1 µm dünn sind. Dieses Verfahren ist jedoch aufwändiger und viel teurer als die Methode mit PEG oder Paraffin. Solche dünnen Schnitte werden auch in der Regel nicht gebraucht.

2.3. Färben der Schnitte

Grundsätzlich wird, nachdem der Schnitt geglückt ist, das Präparat in einer Reihe von Petrischalen mit destilliertem Wasser und zwei Färbemitteln, Astrablau und Safranin, gefärbt. Astrablau färbt Cellulose blau, Safranin färbt Lignin rot. Somit ist lebendes Material im Präparat blau, tote bzw. verholzte Stellen sind rot eingefärbt.

Diese beiden Mittel werden verwendet, da sie nicht giftig sind, während hingegen etliche andere Farbstoffe die Erbsubstanz der Hautzellen verändern wird, wenn diese mit ihr in Kontakt kommen.

Im Detail gestalten sich die einzelnen Arbeitsschritte des Färbens wie folgt: Die Schnitte werden aus dem Behälter mit Wasser genommen, in dem sie direkt nach dem Schneiden gelagert werden, damit sie sich nicht einrollen. Um das erste Färbemittel, Safranin, nicht zu verwässern, ist der Schnitt abzustreifen. Danach wird er zwischen 10 und 20 Minuten in Safranin eingelegt. Dann soll der Schnitt wieder in frisches destilliertes Wasser gegeben (3 Minuten) und abgetropft werden. Im zweiten Schritt wird der Holzschnitt in Astrablau eingelegt. Dort verbleibt er für die Dauer von drei bis fünf Minuten, um anschließend das Verfahren mit dem destillierten Wasser für drei Minuten zu wiederholen.

2.4. Erstellen eines Fix-Präparates

Für die Erstellung eines Fix-Präparates ist es wichtig, dass kein Wasser mehr im Holz ist. Wasser im Holz würde die Auswirkung haben, dass das Euparal (Kunstharz zur Fixierung des Präparats) nicht fest würde. Bei kleineren Mengen Wasser würde es zu Wassereinschlüssen führen. Deshalb wird der Schnitt nach dem Färben dehydriert.

Das Verfahren dazu besteht aus vier Schritten. Zuerst wird der Schnitt für fünf Minuten in 50%ige Ethanol-Lösung eingelegt, danach in 75%ige Ethanol-Lösung und anschließend in 98,5%igen Alkohol. Danach, um ganz sicher zu gehen, dass keine Wassereinschlüsse im Präparat vorhanden sind, wird das Holz nochmals für drei Minuten in 98,5 %igen Alkohol eingelegt.

Danach wird das Präparat mit folgenden Schritten gefertigt:

1. Der Objektträger wird beschriftet.
2. Euparal wird auf die Mitte des Objektträgers getropft.
3. Der Schnitt wird auf dem Objektträger platziert.
4. Das Deckglas wird schräg aufgesetzt und danach auf den Objektträger fallen gelassen, damit nicht allzu viele Luftblasen eingeschlossen werden.
5. Um etwaige Luftblasen aus dem Präparat zu entfernen, wird das halbfertige Präparat zwischen eine Metallplatte und einen Magneten geklemmt.
6. Diese Vorrichtung wird für drei Tage im Trockenschrank belassen, damit das Euparal trocknet und auch die letzten Luftblasen entfernt werden.
7. Nach einer Woche ist das Euparal komplett ausgehärtet.

2.5. Fotografieren und auswerten

Das Fotografieren der Präparate wird mithilfe eines Mikroskops, das mit dem Computer verbunden ist, bewerkstelligt. Man nimmt mit dieser Kamera mehrere zusammenhängende Bilder des Objektes auf. Diese werden dann im Programm „Adobe Photoshop“ zu einem Gesamtbild zusammengesetzt.

Ein weiteres Programm analysiert dann dieses große Foto. Hier wird der Durchmesser jedes einzelnen wasserleitenden Gefäßes sowie dessen Flächeninhalt und der Flächeninhalt der gesamten Probe errechnet. Mit diesen Daten muss in weiteren Arbeitsschritten am Computer gerechnet werden, um zu den Ergebnissen zu kommen, die sich wie im Kapitel 3 ausgeführt gestalten.

3. Ergebnisse

Bei der Auswertung der Fotos liegt das Hauptaugenmerk auf den wasserleitenden Gefäßen, aber auch der Rest der Schnitte wird hinsichtlich des gesamten Flächeninhaltes untersucht.

Einerseits wird der durchschnittliche Durchmesser der wasserleitenden Gefäße berechnet und andererseits das Verhältnis zwischen dem gesamten Flächeninhalt der wasserleitenden Zellen und dem Flächeninhalt der ganzen Probe.

Von den verschiedenen Arten wurde jeweils eine Probe von zwei verschiedenen Exemplaren genommen.

3.1. Langsam wachsende Arten

Die langsam wachsenden Arten wurden anhand von Beobachtungen ausgesucht, was die Wachstumsgeschwindigkeit betrifft. Dies geschah aufgrund einer Tabelle, die das Längenwachstum von drei Jahren beinhaltet. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Arten liegen zwischen 0,68 m und 0,98 m Wachstum im genannten Zeitraum.

3.1.1. *Symphytum globulifera*

Eine der langsam wachsenden Arten ist *Symphytum globulifera*. Die erste Probe hat einen durchschnittlichen Durchmesser von 0,11 mm, bei der zweiten Probe beträgt der Durchmesser 0,17 mm.

Das durchschnittliche Höhenwachstum dieser Art liegt bei 0,98 m in drei Jahren.

Die weiteren Daten, die erhoben wurden, betreffen das Verhältnis zwischen dem Flächeninhalt aller wasserleitenden Zellen und dem gesamten Flächeninhalt der restlichen Probe. Im Falle des ersten Holzschnittes beträgt dieses Verhältnis 1:11,2, bei der zweiten Probe 1:30,4.

Der geringe Durchmesser der wasserleitenden Zellen ist auf Abbildung 4 zu erkennen sowie der kleine Flächeninhalt der anderen Zellarten und die flächenmäßig geringe Anzahl an wasserleitenden Zellen.

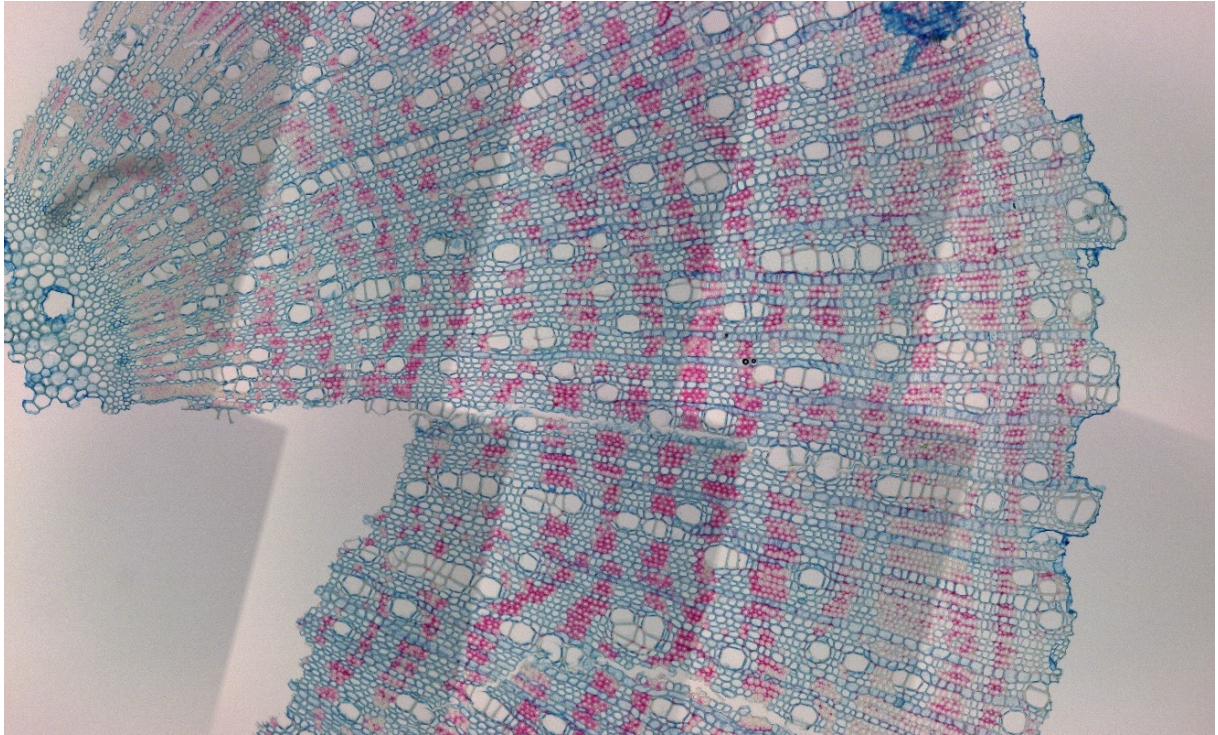


Abb. 4: Querschnitt durch das Holz von *Symphytum globulifera*, Färbung: Safranin/Astrablau

3.1.2. *Machrolobium hartshornii*

Die zweite untersuchte langsam wachsende Art ist der Baum *Machrolobium hartshornii*. Hier betragen die gemessenen Durchmesser 0,17 mm bei der ersten Probe und 0,37 mm bei der zweiten.

Das durchschnittliche Höhenwachstum dieser Art beläuft sich auf 0,68 m in drei Jahren.

Die Ergebnisse der Verhältnisse betragen hier beim ersten Schnitt 1:22,3 und bei dem zweiten 1:14,5.

Auf Abbildung 5 ist der sehr geringe Durchmesser der wasserleitenden Zellen deutlich ersichtlich und auch der Anteil der wasserleitenden Zellen am gesamten Xylem. Die restlichen Zellen haben sehr geringe Lumina und verhältnismäßig dicke Zellwände.

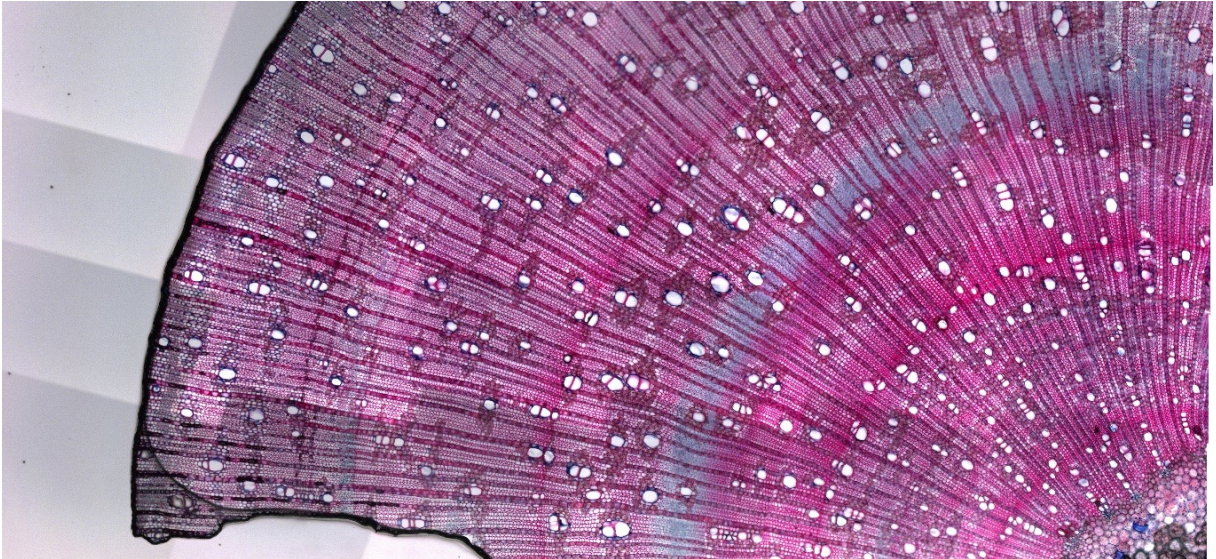


Abb. 5: Querschnitt durch das Holz der Art *Machrolobium hartshornii*, Färbung: Safranin/Astrablau

3.1.3. *Buchenavia costaricensis*

Die dritte und damit letzte untersuchte langsam wachsende Art ist *Buchenavia costaricensis*. Die durchschnittlichen Durchmesser der Gefäße der ersten Probe sind 0,31 mm, bei der zweiten Probe beträgt der Durchschnitt 0,12 mm.

Das durchschnittliche Höhenwachstum beläuft sich bei dieser Art auf 0,8 m im Vergleichszeitraum.

Auch hier ist, wie bei *Symphytum globulifera* und *Machrolobium hartshornii*, mit Werten von 1:11,3 und 1:13,71 das Verhältnis hoch.

Abbildung 6 zeigt neben den geringen Durchmessern der Gefäße, dass es grundsätzlich sehr wenige wasserleitende Zellen gibt. Außerdem tritt deutlich eine große Dichte des übrigen Xylems zutage, sprich geringe Lumina und dicke Zellwände.

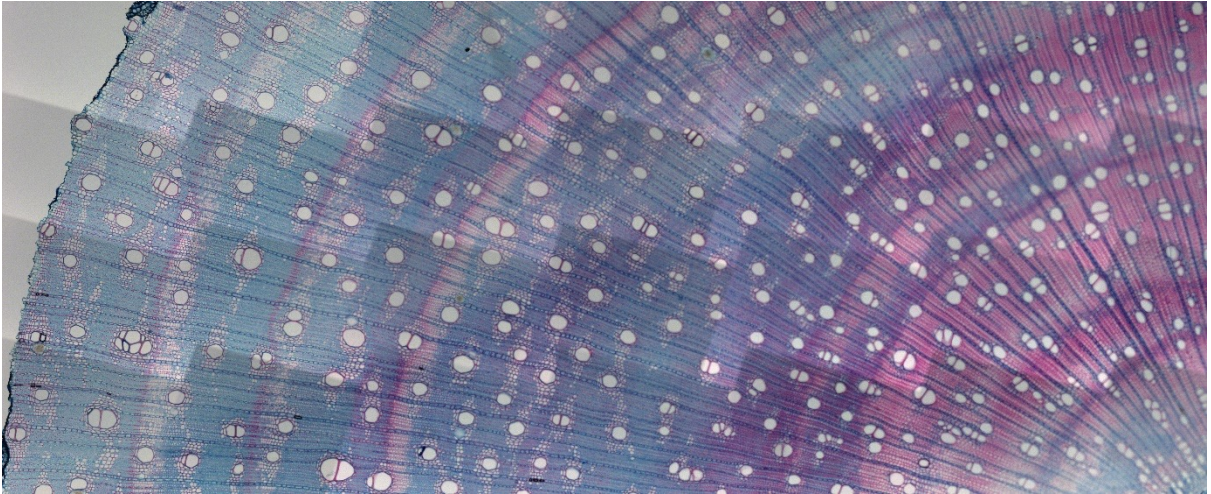


Abb. 6: Querschnitt durch die Art *Buchenavia costaricensis*, Färbung: Safranin/Astrablau

3.2. Schnell wachsende Arten

Auch die hier untersuchten schnell wachsenden Arten wurden aufgrund der Beobachtung der Wachstumsraten ausgesucht. Der Zuwachs liegt hier zwischen 2,1 m und 7,44 m innerhalb von drei Jahren.

3.2.1. *Anacardium excelsum*

Der Baum *Anacardium excelsum* wurde als erste zu analysierende schnellwüchsige Art ausgewählt.

Bei der ersten Probe beträgt der durchschnittliche Durchmesser eines wasserleitenden Gefäßes rund 0,538 mm, bei der zweiten Probe 0,769 mm.

Das durchschnittliche Wachstum dieser Art beträgt 4,637m in drei Jahren.

Die Verhältnisse dieser Art betragen 1:8,1 und 1:9,2, was im Vergleich zu den langsam wachsenden Arten eindeutig geringer ist.

Die großen Durchmesser der wasserleitenden Zellen sind auf Abbildung 7 ersichtlich, auch deren hohe Konzentration im Holz selbst.

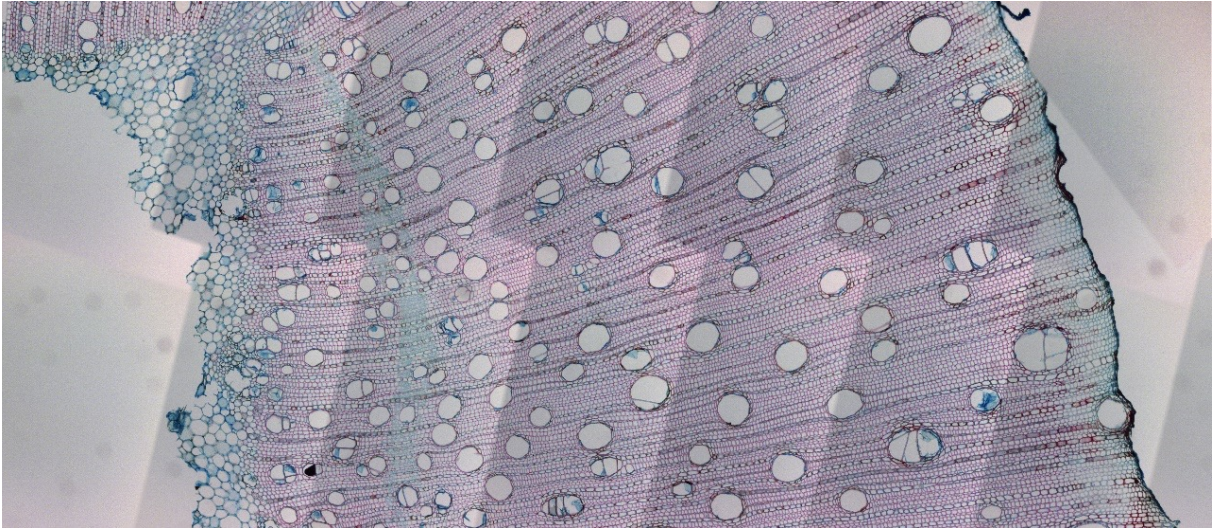


Abb. 7: Querschnitt durch *Anacardium excelsum*, Färbung: Safranin/Astrablau

3.2.2. *Cedrela odorata*

Die zweite zu untersuchende Art ist der Baum *Cedrela odorata*. Auch hier kann man den Durchmesser von zwei Proben vergleichen. Der durchschnittliche Durchmesser der ersten Probe beträgt 0,71 mm, die zweite hat einen weit geringeren Durchmesser, nämlich 0,44 mm.

Diese Art wächst nur 2,1 m im Durchschnitt in der Zeitspanne von drei Jahren, trotzdem zählt sie schon zu einer der schnell wachsenden Arten.

Die Daten dieser Art liegen mit den Werten 1:4,9 und 1:9,2 zwar weiter auseinander, sind aber noch immer niedriger als die der langsamen.

Auch auf Abbildung 8 kann man die großen Durchmesser der wasserleitenden Zellen erkennen. Außerdem sieht man auch hier beim Xylem, dass es sich um eine schnell wachsende Art handeln muss, da das Xylem große Lumen und somit eine geringe Dichte hat.

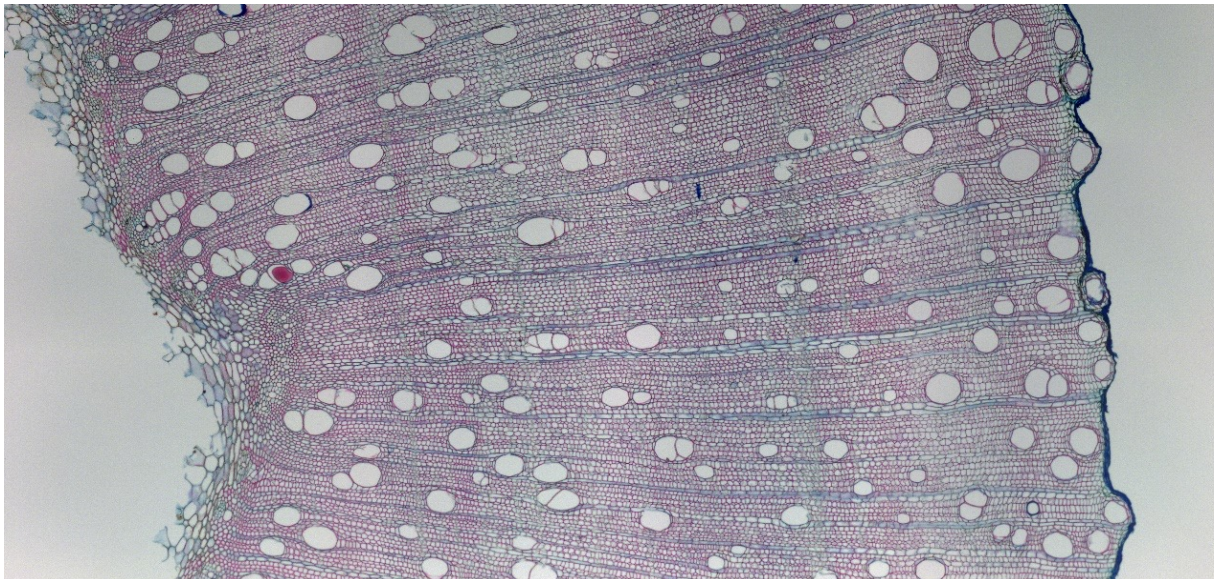


Abb. 8: Querschnitt durch eine Probe der *Cedrela odorata*, Färbung: Safranin/Astrablau

3.2.3. *Ochroma pyramidale*

Die dritte untersuchte schnell wachsende Art ist der Baum *Ochroma pyramidale*. In Europa ist dieses Holz unter der Bezeichnung Balsaholz bekannt. Die Durchmesser der mikroskopierten Proben betragen hier 1,07 mm und 0,65 mm. Das durchschnittliche Längenwachstum dieser Art beträgt 7,44 m im Vergleichszeitraum.

Die errechneten Verhältnisse sind auch hier mit 1:5,6 bei der ersten Probe und 1:7,1 relativ niedrig.

Bei dieser Art lassen sich die großen Durchmesser der Tracheen besonders deutlich erkennen, eigentlich sogar mit freiem Auge.

Der Anteil der wasserleitenden Gefäße an der gesamten Fläche ist verhältnismäßig hoch.

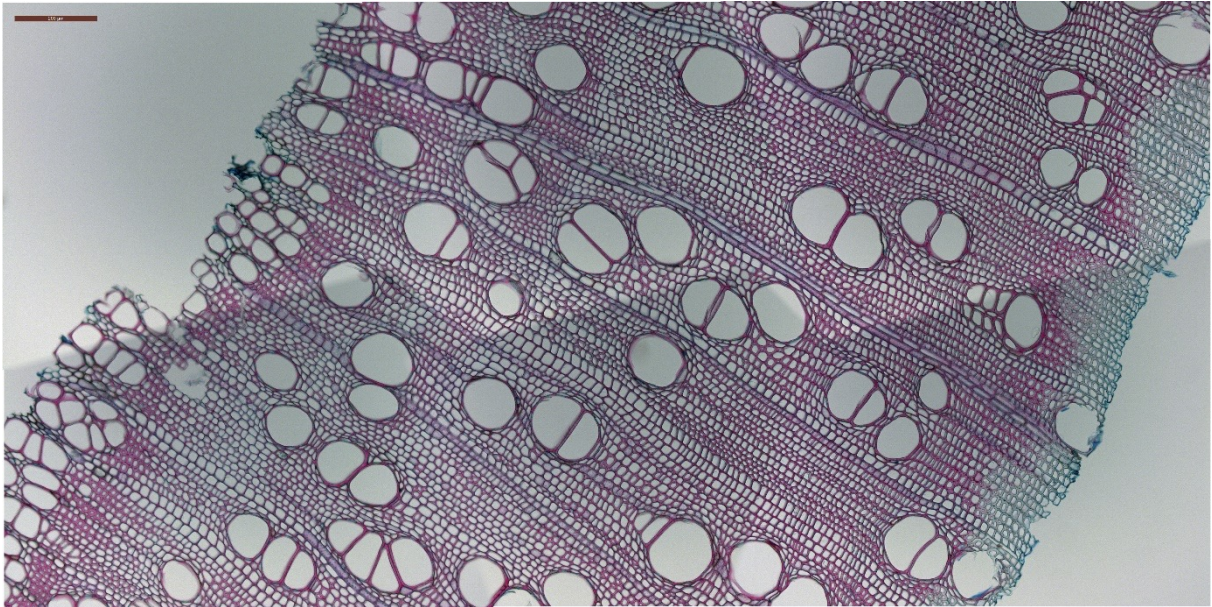


Abb. 9: Querschnitt durch *Ochroma pyramidale*, Färbung: Safranin/Astrablau

4. Diskussion

Die Werte der wasserleitenden Zellen, die in Kapitel 3 besprochen worden sind, beeinflussen das Wachstum natürlich nur zu einem Teil. Faktoren, die das Wachstum von außen beeinflussen, sind der Standort und damit der Lichteinfall, die Stärke des Befalls durch Herbivoren und die Verfügbarkeit von Wasser.

Beim Standort kommt es darauf an, ob genug Wasser vorhanden ist, um von den - zum Teil sehr großen - Gefäßen transportiert zu werden. Daneben spielt auch noch der Lichteinfall eine bedeutende Rolle, also ob genug Licht die Blätter des Baumes erreicht, damit dieser Fotosynthese betreiben kann, durch die er Glucose herstellt, die dann beispielsweise dazu eingesetzt wird, um neue Zellen und Zellwände zu bauen.

Ebenfalls können Herbivoren das Wachstum der Pflanze beeinträchtigen, indem sie frische Triebe abknabbern oder die Blätter fressen. In ersterem Fall ist klar, dass der Baum dadurch zeitlich zurückgeworfen wird und auch nur eingeschränkt Fotosynthese betreiben kann. Dadurch, dass dem Baum nun nur mehr eingeschränkt Energie zur Verfügung steht, wächst er langsamer.

Zusammenfassend ist also zu sagen, dass es innerhalb der Arten zu großen Differenzen kommt, das Wachstum betreffend. Diese sind nicht immer durch Exposition oder Herbivoren zu erklären.

Daraus könnte man nun eventuell folgern, dass das Höhenwachstum von schnell und langsam wachsenden Arten von ausreichender Wasserzufuhr abhängt.

Wassermangel hat zur Folge, dass der Baum nur mehr eingeschränkt wachsen kann. Wasserreiche und wasserarme Jahre sind an den Baumringen zu erkennen. Dies muss aber nicht dadurch verursacht sein, dass zu wenig Regen fällt. Es kann auch an durchlässigem Boden liegen, durch den das Wasser schnell in tiefere, für den Baum unerreichbare Schichten sickert.

Natürlich besitzen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit eine beschränkte Aussagekraft, da nur drei schnell und drei langsam wachsende Baumarten untersucht wurden. Auch innerhalb der Arten wurden nur zwei Proben von jeweils zwei verschiedenen Ästen untersucht.

Dennoch kann man anhand dieser Ergebnisse eine Tendenz ablesen.

Es lässt sich zumindest für diese sechs Arten ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der wasserleitenden Gefäße und der Schnelligkeit des Wachstums herstellen. Wie man in den Abbildungen 4 bis 9 deutlich erkennen kann, sind die Unterschiede in der Dichte und den Durchmessern der wasserleitenden Zellen zwischen den schnell und den langsam wachsenden Arten deutlich sichtbar.

Es gibt also einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von großen wasserleitenden Gefäßen und einer geringen Dichte des Holzes, wie auch eine große Dichte und kleine Durchmesser der wasserleitenden Zellen durch die Messungen eindeutig bewiesen werden konnten.

Man kann demnach drei Schlüsse aus dieser Untersuchung ziehen:

Erstens, dass die wasserleitenden Zellen schnell wachsender Arten einen großen Durchmesser, jene langsam wachsender Arten dagegen einen im Vergleich niedrigen Durchmesser aufweisen.

Das bestätigt die am Anfang der Arbeit aufgestellte These, dass zwischen der Gefäßgröße und der Schnelligkeit des Höhenwachstums ein Zusammenhang besteht. Diese Beobachtung wurde in keinem der für diese vorwissenschaftliche Arbeit verfügbaren Medium dargelegt.

Zweitens, dass die Arten, die einen großen Durchmesser haben, auch beim restlichen Holz, also dem Xylem, eine geringere Dichte aufweisen als Arten mit geringem Durchmesser. Daraus resultiert, dass schnell wachsende Arten eine geringe Dichte des Xylems ausbilden, langsam wachsende hingegen eine höhere Dichte.

Und drittens, dass schnell wachsende Arten einen prozentuell größeren flächenmäßigen Anteil an wasserleitenden Zellen aufweisen als langsam wachsende.

Bei den Messungen der Durchmesser ist eine große Streuung aufgetreten.

Das kann einerseits damit erklärt werden, dass manche Arten wasserleitende Zellen haben, deren Durchmesser gering ist, sie aber in Gruppen auftreten, die nur durch eine dünne Zellwand getrennt sind.

Andererseits können die Unterschiede der Durchmesser innerhalb einer Art damit erklärt werden, dass zwar die Durchmesser der wasserleitende Zellen kleiner sind, aber dass sie dennoch - im Verhältnis zum restlichen Xylem gesehen - den gleichen prozentuellen Anteil haben wie ihre Artgenossen mit größeren Durchmessern.

Um aber auf die zweite Leitfrage der Arbeit zurückzukommen, sagt die Schnelligkeit des Baumwachstums noch nichts über die Dauerhaftigkeit, also die Lebensdauer oder die Stabilität gegenüber Naturereignissen (Wind, Feuer, etc.) aus, eher im Gegenteil. Schnell wachsende Bäume, wie die oben beschriebenen Arten *Cedrela odorata*, *Ochroma*

pyramidale und *Anacardium excelsum* haben dünnere Zellwände, da sie ihre ganze Energie in die Produktion neuer Zellen investieren und nicht die nötige Energie aufbringen, die frisch gebildeten Zellen durch eine dicke Zellwand zu verstärken und sie so zu stabilisieren. Sie wachsen unter dem Motto „Quantität vor Qualität“. Auch die Lumina aller Zellen des Xylems sind bei den schnell wachsenden Arten deutlich größer als bei langsam wachsenden.

Aufgrund dieser dünnen Zellwände und der großen Lumina hat das Holz eine geringe Dichte und damit eine geringe Stabilität.

Um eine nachhaltige Wiederbewaldung zu ermöglichen, mit dem Ergebnis eines dauerhaften, dichten und artenreichen Sekundärwaldes, sollten sowohl schnelle als auch langsam wachsende Arten gepflanzt werden.

Die schnell wachsenden, die sogenannten Pionierbäume, sorgen dafür, dass möglichst schnell ein Laubdach entsteht, das Fotosynthese betreibt. Während diese Pionierbäume noch leben, wachsen in ihrem Schatten schon die langsamen, aber dauerhaft stabilen Bäume.

Wenn die Pionierbäume absterben oder durch äußere Einwirkungen umknicken, übernehmen die langsamen ihre Stelle im Blätterdach.

Das Pflanzen von ausschließlich schnell wachsenden Bäumen würde bedeuten, dass die Lücken zwar schnell geschlossen werden, aber genauso schnell wieder welche entstehen.

Würde eine der beiden Arten fehlen, wäre das ökologische Gleichgewicht des wieder neu bepflanzten Regenwaldes nicht gegeben. Denn wenn die langsam wachsenden Bäume doch einmal absterben, werden sie fast sofort von den Pionierbäumen ersetzt. Es ist ein ewiger Kreislauf, der, wenn es nur langsame gäbe, zu lange dauern würde oder der sehr viele lang bleibende Lücken aufzuweisen hätte.

In beiden Fällen würde also einerseits nicht so viel CO₂ gebunden werden wie bei einer Kombination der beiden Gehölzgruppen und andererseits bei Weitem nicht so vielen Tierarten ein neues Zuhause geboten werden.

5. Literaturquellen

Bölmann, Dietrich. Warum Bäume nicht in den Himmel wachsen: Eine Einführung in das Leben unserer Gehölze. Wiebelsheim: Quelle & Meyer, 2009

Harzmann, Lutz Jürgen. Kurzer Grundriß der allgemeinen Tropenholzkunde: mit 60 Tabellen. Leipzig: Hirzel, 1988

Campbell, Neil A., Reece, Robert B. et al. Biologie. London: Pearson, 2009

Rowher, Jens G.. Pflanzen der Tropen. München: BLV, 2000

A. Weissenhofer et al. Natural and Cultural History of the Golfo Dulce Region, Costa Rica. Linz: Oberösterreichische Landesmuseen, 2008

NHM Wien (1996): Sehnal, Peter und Zettel, Herbert. Esquinas-Nationalpark. Der Regenwald der Österreicher in Costa Rica. Wien: Naturhistorisches Museum Wien, 1996

A. Weissenhofer et. al. (2012): Creating a forest. Trees for biological corridors in the Golfo Dulce region, Costa Rica. Wien: Rema-Print, 2012

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:

<http://www.medipment.pl/produkt/LEICA-Leica-RM2235-37433> (16.Juli 2015)

Abbildung 2:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Mikrotom#/media/File:Prinzip_Mikrotomschnitt_\(Rotationsmikrotom\).svg](http://de.wikipedia.org/wiki/Mikrotom#/media/File:Prinzip_Mikrotomschnitt_(Rotationsmikrotom).svg) (16.Juli 2015)

Abbildung 3:

<https://www.google.at/maps/place/Tropenstation+La+Gamba/@8.7010305,-83.3417658,11z/data=!4m2!3m1!1s0x8fa44170d9ce1c65:0x1c935ad06432d7e3> (16. Juli 2015)

Abbildung 4 bis 9: eigene Aufnahmen (November 2015)