

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse) speziell *Calathea sp.*



Foto: Costa Rica (Orig.)

Bakkalaureatsarbeit

aus der Lehrveranstaltung
Tierische und pflanzliche Lebensräume
SS 2003

verfasst von

Maria Thurner

Matr.Nr.: 0120273
Robert-Preussler-Str. 11, 5020 Salzburg

eingereicht bei

Prof. Mag. Dr. Paul Heiselmayer

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Costa Rica.....	4
3. Zusammenfassung.....	5
4. Abstract.....	5
5. Stand des Wissens.....	6
5.1 Marantaceae (Pfeilwurzgewächse).....	6
5.1.1 Systematik.....	6
5.1.2 Charakterisierung der Familie.....	7
5.1.3 Aufblühfolge der Infloreszenz.....	10
5.1.4 Wirtschaftlicher Gebrauch.....	11
5.2 Bestäubung der Marantaceae.....	12
5.2.1 Bestäuber.....	12
5.2.2 Bestäubungsmechanismus.....	15
5.2.3 Blütenbesucher.....	16
6. Problemstellung.....	17
7. Methoden.....	17
7.1 Standort.....	17
7.2 Wassermessungen.....	18
7.3 Zuckermessungen.....	18
7.4 Bestäuber und Blütenbesucher.....	18
8. Ergebnisse und Diskussion.....	19
8.1 Standort.....	19
8.2 Wassermessungen.....	21
8.3 Zuckermessungen.....	22
8.4 Bestäuber & Blütenbesucher.....	24
9. Glossar.....	27
10. Danksagung.....	28
11. Literaturverzeichnis.....	29
12. Anhang.....	31
1. Einleitung	

Gleichzeitig mit der Absolvierung des Pflichtpraktikums für das Studium „Organismische Biologie/Ökologie“ in der Tropenstation „La Gamba“, Costa Rica, wurden Blütenbeobachtungen an Pfeilwurzgewächsen durchgeführt. Die Station bietet die Möglichkeit wissenschaftliche Arbeiten direkt im Regenwald durchzuführen. Im Garten der Station wurden im Laufe der Jahre verschiedenste tropische Pflanzen angepflanzt, welche in den umgebenden tropischen Regenwäldern verbreitet sind, aber auch solche, die nicht in Costa Rica heimisch sind.

Die Beobachtungen wurden an *Calathea platystachia* durchgeführt. Diese Art ist in Costa Rica heimisch und kann auch im angrenzenden Wald gefunden werden. Bei der einführenden Charakterisierung der Marantaceae wird daher spezielles Augenmerk auf die Gattung *Calathea* gelegt. Diese Gattung wird von Euglossinen (Prachtbienen), die nur im tropischen Lateinamerika zu finden sind, bestäubt. Auch Nektarräuber (Schmetterlinge und Kolibris) werden beobachtet. Zucker und Wassermessungen werden durchgeführt, um ihre mögliche Beteiligung an der Anlockung der Bestäuber festzustellen.

2. Costa Rica

Costa Rica ist ein kleines Land auf der mittelamerikanischen Landbrücke. Hohe Gebirgszüge trennen den immerfeuchten karibischen vom wechselfeuchten pazifischen Teil. Nach WALTER & BRECKLE findet man in dieser Region das Zono-Ökoton I – II. Es gibt keine ausgeprägten Trockenzeiten, jedoch treten Trockenperioden von wenigen Tagen auf. Die Tagesschwankungen der Temperatur übersteigen die der Jahres-schwankungen.



Abb.1: Landkarte Costa Rica (aus Internet 11).

Auf Grund der hohen Niederschlagsmengen (2000 - 5000 und mehr) ist die Luftfeuchtigkeit den ganzen Tag über relativ hoch. In den Morgenstunden kommt es täglich durch hohe Verdunstungsraten zu Nebelbildung. Auf kleinsten Raum findet man eine enorme Artenvielfalt, welche sich durch die starke geografische Gliederung ergibt. Costa Rica bedeckt nur 0.05 % der Erdoberfläche, beherbergt jedoch 5 % der Arten weltweit. Neben den Tieflandregenwäldern im gesamten südlichen und karibischen Teil des Landes, findet man Bergregenwälder mit enormem Epiphytenreichtum. Im Nordwesten erstrecken sich ausgedehnte Trockenwälder und über der Baumgrenze in 3200 m findet sich baumlose Páramovegetation (Katalog zur Ausstellung Helikonien & Kolibris, 2002).

3. Zusammenfassung

Die große Familie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse) ist auf die tropischen Regionen der Erde (hauptsächlich Neotropis) beschränkt. Mit besonderem Augenmerk auf die Gattung *Calathea* wird die Anatomie dieser Pflanzenfamilie besprochen. Der hochkomplizierte Bestäubungsmechanismus dieser krautigen Pflanzen weist auf eine hohe Spezialisierung im Laufe der Evolution hin. Anders als Kolibris, Schmetterlinge und Holzbienen, welche als Nektarräuber zu den Blüten kommen, sind Prachtbienen (Euglossinae) die Hauptbestäuber. Im Zuge der Absolvierung eines Pflichtpraktikums in der „Tropenstation La Gamba“ (Costa Rica), wurden Beobachtungen an *Calathea platystachia* durchgeführt und die gesammelten Daten im Zuge dieser Arbeit ausgewertet.

4. Abstract

The big family of the Marantaceae (Arrowroot plants) is found in tropical regions of the world (predominantly Neotropis). With special attention to the genus *Calathea* the anatomy of this plant-family is described. The extremely complex pollination-mechanism of these herbals points out to a high specialisation during evolution. Hummingbirds, butterflies and carpenter bees just visit the flowers as nectar-thieves. Orchid bees (Euglossinae) visit the flowers as the mainly pollinators. During the absolvation of a traineeship in the “Tropenstation La Gamba” (Costa Rica) observations at *Calathea platystachia* were made and the collected data evaluated on tide of this paper.

5. Stand des Wissens

5.1. Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

5.1.1 Systematik nach MAAS & WESTRA 1993

Klasse: Liliopsida

Subklasse: Zingiberidae

Ordnung: Zingiberales

Familien:

- Cannaceae
- Lowiaceae
- Heliconiaceae
- Costaceae
- Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)
- Musaceae (Bananengewächse)
- Zingiberaceae (Zimtgewächse)
- Strelitziaceae

Die oben genannten Familien weisen nach MAAS & WESTRA (1993) genügend gemeinsame vegetative und floristische Merkmale auf, um sie in einer Ordnung, den Zingiberales, zusammenfassen zu können. Die Familie der Marantaceae ist aufgrund der extremen Reduktion von Stamen und Karpellen, die am höchsten entwickelte der zuvor genannten Familien.

Die Marantaceae können in Phrynieceae (3-fächriger Fruchtknoten) und Maranteae (1-fächriger Fruchtknoten) unterteilt werden. Zu den Phrynieceae zählen *Calathea* (1 steriles Staubblatt), *Marantochloa* (2 sterile Staubblätter und laubblattartige Brakteen) und *Phyrinium* (2 sterile Staubblätter und langlebige/persistierende Brakteen). Zu den Maranteae zählen *Ischnosiphon* (langlebige/persistierende Brakteen), *Thalia* (ein äußeres steriles Staubblatt) und *Maranta* (2 auffällige äußere sterile Staubblätter) (HEYWOOD 1993).

5.1.2 Charakterisierung der Familie

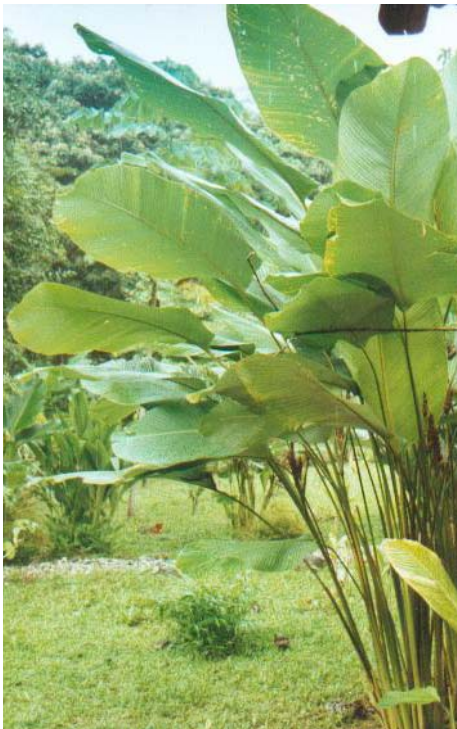
In dieser Familie findet man hauptsächlich krautige Landpflanzen, aber auch einige Unterholzkletterpflanzen. Diese krautigen, mehrjährigen Pflanzen besitzen gut ausgebildete unterirdische Rhizome oder Knollen (GENTRY 1993; HUBER et al. 2002).

Verbreitung

Die meisten der 30 Gattungen sind im tropischen Amerika heimisch, sieben davon in Afrika und sechs in Asien. Neotropische Arten sind auf die Bestäubung durch Euglossinen (sog. Prachtbienen mit langem Rüssel) spezialisiert. Die Arten der Alten Welt (Asien & Afrika) sind an die Bestäubung durch kurzrüsselige Bienen angepasst. Die Röhre ist bei neotropischen Vertretern bis zu 17,6 mm lang, bei asiatischen und afrikanischen Arten beträgt sie max. 4,6 mm (HEYWOOD 1993; Internet 3).

Blätter

Die Blätter sind sehr groß, oft asymmetrisch, zweizeilig (distich) oder spirodistich (mit zwei jeweils leicht gedrehten Blattzeilen) angeordnet. Manchmal bilden sie durch Reduktion



(Suppression der Internodien) Gruppen. Die Blattspreite kann schmal oder breit sein und weist gefiederte Nerven auf, welche von der Mittelrippe aus, parallel zueinander bis zum Blattrand hin verlaufen. Die Blattstiele sind häufig sehr lang, manchmal aber auch fehlend und häufig mit einer Ochrea umkleidet. Sie können geschwungen sein und der Übergang zur Blattspreite ist für gewöhnlich verdickt. Durch bestimmte Stimuli werden genau in diesem Bereich der Pflanze Zellen aktiv, welche letztendlich zu Blattbewegungen führen (HEYWOOD 1993; ENDRESS 1994; HUBER et al. 2002).

Foto: Regenwald der Österreicher, Costa Rica:
Habitus von *Calathea* sp. (Foto: Horner G.)

In der folgenden Beschreibung der Blütenbiologie stimmen HEYWOOD (1993), ENDRESS (1994) und HUBER et al. (2002) überein.

Infloreszenz

Diese ist terminal oder lateral (seitlich), einfach oder synfloreszent (Gesamtblütenstand aus Floreszenz und Cofloreszenz) und meist ähren- oder rispenförmig ausgebildet. Man findet auch häufig auffällige Brakteen. Jede Braktee besitzt ein bis mehrere wenigblütige Teilblütenstände. Die Blüten sind zwittrig und asymmetrisch. Die drei Kelchblätter sind frei, die drei Kronblätter von Beginn der Entstehung an basal zu einer Röhre verwachsen.

Gynözium

Ein einzelner Stempel ist vorhanden. Der Griffel ist mit einer Seite an der Kronröhre verwachsen, die konkave Narbe ist feucht und nicht-papillös/warzig. Der Fruchtknoten, der aus drei Fruchtblättern besteht, ist unterständig und 1 – 3fächrig. Jeder Fächer enthält eine basale, aufrechte Samenanlage.

Andrözium

Dieses ist ebenfalls mit der *Corolla* verwachsen und besteht aus nur einem fertilen Staubblatt. Es ist meist kronblattähnlich und weist nur eine laterale *Theke* auf. Die restlichen Staubblätter sind steril (= Staminode), eines davon kann helmartig verdickt sein oder sie sind durch Reduktion vollständig verschwunden.

Früchte

Diese sind fächrige Kapseln (3-klappig), selten findet man fleischige Beeren. Die Samen von vielen Arten der Marantaceae besitzen einen Samenmantel und ein reiches Endosperm, welches einen geschwungenen Embryo umgibt. Der Samenmantel ist eine morphologische Anpassung an die Samenverbreitung durch Ameisen. HERVITZ & BEATTLE beobachteten, dass die Samen der mexikanischen Arten *Calathea microcephala* und *Calathea ovandensis* von 21 Ameisenarten verbreitet werden, indem diese den Samenmantel als Nahrungsquelle nutzen. Weiters fanden sie heraus, dass die Entfernung des Samenmantels die Keimung fördert.

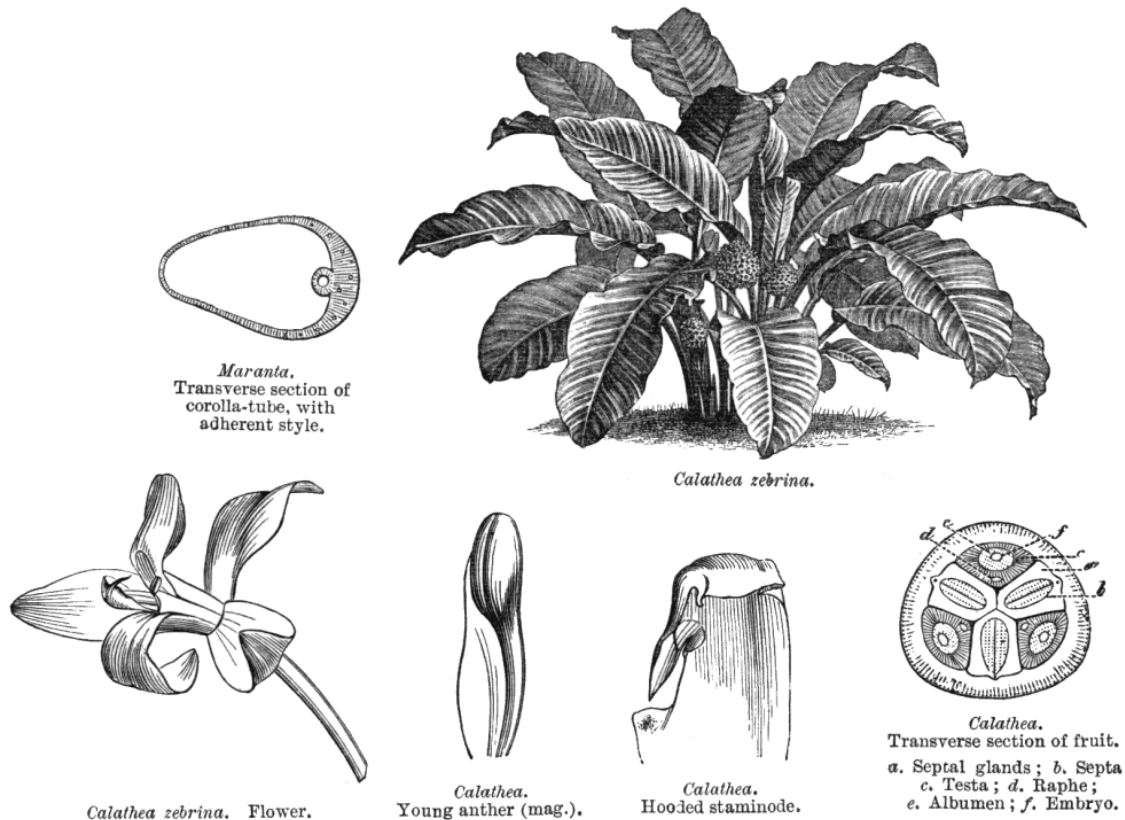


Abb. 1: Darstellungen verschiedener Teile von *Calathea* sp. (aus Internet 2).

Die Gattung *Calathea* wird von allen Autoren (LÖTSCHERT & BEESE 1983; GENTRY 1993; HEYWOOD 1993; HUBER et al. 2002, Internet 3) einheitlich beschreiben.

Calathea

Der Name 'Calathea' stammt vom griechischen Wort „kalathós“ (= Korb), da die Blütenlippe korbförmig ausgebildet ist. Sie ist die größte der neotropischen Marantaceae-Gattungen und umfasst aufrechte, rosettenständige, krautige Waldpflanzen, die meist 1-2 m hoch werden und in Tieflandregenwäldern häufig zu finden sind. Ein charakteristisches Merkmal sind die dichten ährenähnlichen, relativ spitzen Infloreszenzen (nur 1 bis wenige pro Spross), welche stark überlappende, distiche (zweizeilige) oder spiralg angeordnete, eher ledrige Brakteen aufweisen. Anders als bei anderen Arten aus der Familie der Marantaceae, bei denen man zwei äußere Staubblätter findet, besitzt *Calathea* nur eines. Die Infloreszenz von *Calathea* unterscheidet sich zu der von *Ischnosiphon* durch breitere und fast immer unverzweigte Wuchsform und drei fertilen Ovarien.

Attraktiv markierte Blätter sind keine Seltenheit. Bei der aus Brasilien stammenden Art *Calathea makoyana* ist die Oberseite cremefarben-grünlich gemustert und die Unterseite purpurn. Dies macht sie wohl zu einer der attraktivsten bzw. auffälligsten Arten der Marantaceae.

Die Bestäuber von *Calathea* sind Bienen, meist von der Gattung Euglossa, Elaema und Exaerete. Als Lockstoff dient Nektar, der in gekammerten Nektarien produziert wird. Bei einigen *Calathea*-Arten findet nach der Bestäubung eine Veränderung der Blütenfarbe statt. Durch die Farbänderung „wissen“ die Bestäuber, dass die Blüte schon besucht wurde.

Die Früchte von einigen *Calathea*-Arten besitzen blaue Samen, welche der Anlockung von Vögeln dienen und somit eine wichtige Funktion bei der Verbreitung einnehmen.

5.1.3 Aufblühfolge der Infloreszenz

Jede Infloreszenz besteht aus ca. 20 - 25 Brakteen. Jede Braktee enthält wiederum acht bis zehn Blütenpaare. Ganz am Beginn der Anthese öffnet sich in der untersten Braktee das erste Blütenpaar. Am nächsten Tag steht das erste Blütenpaar der zweiten Braktee in Blüte. Nach sechs bis neun Wochen kommt das zweite Blütenpaar der untersten Braktee zum Blühen. So kommt es zu einer "Blütenwelle". Öffnet sich das dritte Blütenpaar in den basalen Brakteen, sind die Blüten in der Mitte der Infloreszenz in der zweiten Blühphase und die obersten in der ersten (KENNEDY 1983). Durch dieses Muster kann eine Infloreszenz über mehrere Monate hinweg blühen (ENDRESS 1994).

Die Nektarproduktion der Blüte innerhalb einer Infloreszenz ist äußerst unterschiedlich, manche produzieren sogar überhaupt keinen Nektar. Innerhalb einer Population können bei den Blüten zwei Farbtypen auftreten, ein gelber und ein rosa-purpurfarbener (KENNEDY 1983).

Bei manchen *Calathea*-Arten bleibt die Blüte geschlossen und wird von Bestäubern aufgebrochen (KENNEDY 1983). Es tritt keine Kleistogamie (= eine extreme Möglichkeit der Autogamie; Bestäubung und Befruchtung finden noch in der geschlossenen Blüte statt) auf (SITTE et al., 2002). Die Nektarproduktion verläuft gleich wie bei offenblütigen Arten. Das einzelne äußere Staminoid ist reduziert. Im Gegensatz dazu ist es bei offenblütigen Arten größer und attraktiver ausgebildet.

Das Phänomen der Geschlossenblütigkeit wurde bisher bei 15 Arten beobachtet. Der Mechanismus dürfte sich im Laufe der Evolution mehr als ein Mal entwickelt haben (KENNEDY 1978). Die Coevolution kann am Beispiel von *Ischnosiphon sp.* beobachtet werden. Die Blüten öffnen sich normalerweise, aber Euglossinen brechen oft die noch geschlossene Blüte auf und bestäuben sie (KENNEDY 1978; ENDRESS 1994).

5.1.4 Wirtschaftlicher Gebrauch

Wirtschaftlich betrachtet ist die Gattung *Maranta* am bedeutendsten. Die westindische Pfeilwurz (*Maranta arundinaceae*) wird zur Herstellung der Maranta-Stärke verwendet. Dazu werden die Rhizome gewaschen und anschließend zermahlen. Diese Art wird kommerziell in Westindien und im tropischen Amerika kultiviert. Die Stärke ist gut verdaubar und wird daher auch in speziellen Diäten eingesetzt.

Die kräftigen und ledrigen Blätter von *Calathea discolor* sind dazu geeignet wasserdichte Körbe herzustellen und die Blätter von *Calathea lutea* werden in der Karibik und in Zentralamerika zum Decken der Dächer verwendet. Die Blüten von zwei mexikanischen Arten (*Calathea macrosepala* und *Calathea violacea*) werden gekocht und als Gemüse gegessen.

Einige Arten von *Calathea* und *Maranta* werden in temperierten Gebieten in Glashäusern als Zierpflanzen gezüchtet (HEYWOOD 1993).



Foto: Gewächshaus mit kultivierten Marantaceae (aus Internet 6).

5.2 Bestäubung der Marantaceae

5.2.1 Bestäuber

Euglossinae (Orchideenbienen/Prachtbienen)

Diese Unterfamilie der Apidae (echte Bienen) ist auf den neotropischen Raum, mit einer Verbreitung von Mexiko bis Argentinien, beschränkt. Der umgangssprachlichen deutschen Namen (Orchideenbienen/ Prachtbienen) dieser Bienen rührt von der Tatsache her, dass männliche Bienen die hauptsächlichen Bestäuber von Orchideen sind und prachtvoll glänzend gefärbt sind. Dabei sammeln sie die von den Orchideen produzierten Duftstoffe. Euglossinen sind mittelgroße (8,5 mm) bis sehr große (29 mm) Bienen. Manche sind metallisch glänzend und glatt, andere sind stark behaart, dunkel gefärbt und tragen gelbe Haare am Apex (lat. Spitze) des Metasomas. Die Mundwerkzeuge (Proboscis) sind sehr lang (reichen oft bis zur Basis des Metasomas).

Die Nester sind bei einigen Arten (*Euglossa* sp.) exponiert, jedoch auch häufig in schon vorhandenen Höhlen an Böschungen oder in Baumstämmen zu finden. Hauptsächlich bestehen sie aus Brutzellen, jedoch sind keine Vorratzzellen oder Sammelbehälter, wie z.B. bei Hummeln oder stachellosen Bienen zu finden. Die Nester bestehen aus Harz (*Euglossa*), Harzgemisch mit Borkenteilen (*Eufriesea*), oder Schlamm, welcher an der Innenseite mit einer dünnen Wachsschicht überzogen ist (*Eulaema*). Viele leben auch solitär. Manche Arten von *Euglossa* und mit großer Sicherheit alle Arten von *Eulaema* haben normalerweise einige Weibchen pro Nest. Die Interaktionen zwischen den Weibchen sind nur schlecht erforscht, jedoch konnten bisher keine Beispiele für Eusozialität gefunden werden (HANSON & GAULD 1995).

Männliche Euglossinen verteidigen oft ein Territorium, welches sich rund um vorstehende Baumstämme an einer Lichtung befindet. Sie wechseln zwischen am Baumstamm sitzend und dem periodischen Abfliegen des Territoriums ab. Während sie sitzen erzeugen die männlichen Bienen mit ihren Flügeln eine Reihe von Summern. Es wird vermutet, dass dieses Verhalten eine Art Thermoregulierung zur Folge hat. Vor der Etablierung des Territoriums besuchen die Männchen bestimmte Blüten von denen sie Duftstoffe sammeln. Die genaue Rolle dieser Düfte ist bislang noch ungeklärt (DRESSLER 1982; WILLIAMS & WHITTEN 1983).

55 Gattungen und 625 Arten neotropischer Orchideen stellen die verschiedensten Duftstoffe zur Verfügung. Diese sind primärer Lockstoff für die Bestäuber. Die Blüten sind so gebaut, dass der Pollen an bestimmten Stellen der männlichen Bienen platziert wird (DODSON 1975; DRESSLER 1981; WILLIAMS 1982). Denselben Bestäubungsmechanismus findet man auch bei einigen Gesneriaceae, Araceae, Marantaceae und noch einigen anderen Pflanzen (BUCHMANN 1980). Ungefähr die Hälfte der 60 Verbindungen, welche man in den Düften der Orchideen findet, konnten bisher identifiziert werden. Die meisten sind essenzielle Öle, welche in der Natur weit verbreitet sind. Die Zusammensetzung der Düfte ist nicht artspezifisch sondern entsteht durch artspezifische Mischungen der einzelnen Komponenten (HANSON & GAULD 1995).

Nach der Landung auf der Blüte sammelt das Männchen die Duftstoffe mit den Vordertarsen, transferiert diese zu den mittleren Basitarsen und von dort weiter zu den hinteren Tibien. Diese weisen einen verlängerten Schlitz auf, welcher in einem drüsigen Beutel endet. Dort werden die chemischen Verbindungen modifiziert und zu anderen Körperteilen transferiert. Die Duftstoffe



könnten für die Weibchen beim Einschätzen der Qualität der Männchen eine Rolle spielen, jedoch ist es auch möglich, dass diese bei der Begattung/Kopulation vom Männchen auf das Weibchen übertragen werden (ROUBIK 1989). Weitere Funktionalitäten sind nicht bekannt.

Foto: *Eulaema cingulata* beim Sammeln von Duftstoff auf *Coryanthes macrantha* (aus Internet 7).

Mit der Entdeckung künstlich hergestellter chemischer Köder für männliche Bienen wurde die Erforschung dieser äußerst schnellen und vielfältigen Bienen um vieles leichter. Solche Köder wurden dazu verwendet, die Saisonalität (ACKERMAN 1983) und das Verhalten bei der Nahrungssuche (ARMBRUSTER & MCCORMICK 1990) aufzuklären.

In der Familie der Euglossinen lassen sich mehrere Gattungen unterscheiden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf Arten gelegt, welche in Costa Rica verbreitet sind:

Eufriesea

In Costa Rica kommen von den 52 bekannten Arten 13 vor. Viele dieser Arten erreichen in Costa Rica die nördliche Grenze ihres Verbreitungsgebiets, andere Arten, wie z.B. *E. caerulea* und *E. mexicana* erreichen hier ihre südliche Grenze. Die meisten sind metallisch gefärbt, wenige ähneln durch gelbe und schwarze Haare der Gattung *Eulaema*, jedoch besitzen Arten der Gattung *Eufriesea* ein metallisches Gesicht ohne weiße Punkte. Bei den Männchen ist der Schlitz der hinteren Tibien sehr lang (reicht bis zum apikalen Rand), den Weibchen fehlt das schwarze Büschel am Skutellum. Im Gegensatz zu andern Gattungen, scheinen viele Arten nur während der Regenzeit aktiv zu sein (ACKERMAN 1983; HANSON & GAULD 1995).

Euglossa

Etwas über 100 Arten, von denen 32 (in der Untergattung *Euglossa*, *Euglossella*, *Glossura* und *Glossurella*) in Costa Rica vorkommen. Sie sind metallisch glänzend und spärlich behaart. Das Labrum ist weiß und weist zwei dunkle ovale Flecken (bei anderen Euglossinen ist es durchgehend schwarz) auf. Bei den Männchen ist der Schlitz der hinteren Tibien kurz (erreicht den Apex der Tibien nicht), die Weibchen besitzen ein schwarzes Haarbüschel am Skutellum (HANSON & GAULD 1995).

Exaerete

Sechs Arten, drei davon in Costa Rica: *Exaerete dentata* (selten), *E. frontalis* und *E. smaragdina*. Sie sind glänzend grün, die hinteren Tibien sind schmal. Sie sind Kleptoparasiten bei *Eufriesea* und *Eulaema* (HANSON & GAULD 1995).

Eulaema

Ca. 13 Arten, die in zwei Untergattungen (*Apeulaema* und *Eulaema*) eingeteilt werden; zehn Arten sind in Costa Rica zu finden. Sie sind schwarz, haarig, weisen ein deutliches Muster aus gelben oder orangen Haaren auf und manchmal findet man begrenzte metallische Flecken am Metasoma. Das „Gesicht“ ist dunkel gefärbt, oft mit weißen Markierungen. Der Schlitz der hinteren Tibien ist bei den Männchen lange, die Weibchen besitzen schwarze Haarbüschel am Skutellum (HANSON & GAULD 1995).

5.2.2 Bestäubungsmechanismus

Der Bestäubungsmechanismus der Marantaceae wird als sekundäre Pollenpräsentation bezeichnet. Diese Charaktereigenschaft teilen sie mit den Cannaceae, einer „Schwesterfamilie“, bei der dieser Mechanismus jedoch nicht explosiv ist (Internet 3).

Die Anatomie der Blüte wurde bereits im Kapitel 1.2 besprochen. Der Griffel ist dick und steht von Beginn der Anthese (Blütezeit) an unter Spannung. Durch Berührung kommt es zu einer explosionsartigen Bewegung, welche für die Bestäubung von großer Bedeutung ist. Der Mechanismus ist schon lange bekannt und wurde bei *Calathea* detailliert von KENNEDY (1978) beschrieben und für andere Gattungen von KUNZE (1984) und CLASSEN-BOCKHOFF (1991) überarbeitet (ENDRESS 1994). In der neu geöffneten Blüte von *Calathea* ist der Griffel von einem kappenförmigen sterilen Staubblatt umgeben. Schon in der Knospe wird der Pollen in einer oberflächlichen Vertiefung auf der konvexen Seite des Griffels positioniert. Die leere Anthere bewegt sich jedoch vom kappenförmigen Staminoid weg bevor sich die Blüte öffnet.



Foto: Blüte von *Calathea* sp. (aus Internet 5).

Der Bestäubungsmechanismus wird ausgelöst sobald ein Bestäuber seinen Kopf in das Zentrum der Blüte drückt, um an den Nektar zu kommen. KENNEDY (1978), VOGEL (1984), KUNZE (1984) und CLASSEN-BOCKHOFF (1991) zeigten, dass es bei *Maranta*-, *Calathea*- und *Thalia*-Arten am Griffel einen kleinen Bereich unterhalb der fingerähnlichen Struktur am Staminoid gibt, der äußerst sensibel reagiert. Wird dieser Bereich berührt, kommt es zur ausschlaggebenden Bewegung. Die sensible Struktur bewegt sich zurück, der Griffel krümmt sich explosionsartig in einem Bogen und kommt an einem kallösen (schwielligen) Staminoid zum stehen. Der Explosions-Mechanismus wurde von CLASSEN-BOCKHOFF (1991) bei *Thalia geniculata* mittels Zeitlupenaufnahmen genau analysiert. Die Drehbewegung des Griffels vollzieht sich in drei Phasen, die insgesamt nur 0,03 Sekunden dauern (ENDRESS 1994). Auf diese Weise wird der Pollen, der von einem früheren Blütenbesuch am Bestäuber klebt, mittels einer narbenartige

Einhöhlung übernommen. Gleichzeitig wird der Pollen, der am Griffel präsentiert wird, zusammen mit einem klebrigen Sekret am Bestäuber präzise angeheftet. Das Pollenpaket wird am Bestäuber so platziert, dass er es nicht entfernen oder verletzen kann. Das klebrige Sekret wird an der Spitze der Einhöhlung am Griffel produziert. Jede Blüte hat nur eine einzige Chance bestäubt zu werden, denn die Bewegung des Griffels ist irreversibel (ENDRESS 1994).

Bei *Calathea insignis* wird der Pollen am Griffel zwischen 17:00 und 21:00 in der Knospe abgesetzt. Am nächsten Morgen werden die neu geöffneten Blüten zwischen 06:00 und 10:00 bestäubt. Die unbestäubten Blüten fallen zwischen 10:30 und 12:00 ab (KENNEDY 1983; ENDRESS 1994).

5.2.3 Blütenbesucher

Neben den Prachtbienen gibt es noch andere Blütenbesucher, deren Besuch jedoch keine Bestäubung zur Folge hat. Es können Holzbienen, Kolibris und Schmetterlinge beobachtet werden. Holzbienen lösen fast bei allen besuchten Blüten den Bestäubungsmechanismus aus, Kolibris bei der Hälfte und Schmetterlinge fast bei keiner. Sie werden als Nektarräuber



bezeichnet, da sie selbst von der Blüte profitieren, jedoch die Blüte keinen Nutzen daraus zieht und meist geschädigt wird (Auslösung des Bestäubungsmechanismus). Da sich in den Brakteen der Blütenstände Regenwasser sammelt, kommen diese Pflanzen auch als Wasserlieferant in Frage. Nicht nur Kolibris und Schmetterlingen decken einen Teil ihres Wasserbedarfs mithilfe der Blüten, sondern auch Wanzen, Ameisen und andere. Bei *Calathea ovandensis* wurden auch Hymenopteren und Lepidopteren als Blütenbesucher identifiziert, aber nur Bienen lösten den Mechanismus aus (ENDRESS 1994; HANSON & GAULD 1995).

Foto: Regenwald der Österreicher, Costa Rica: *Calathea platystachia* mit einem Nektarräuber (Foto: Horner G).

6. Problemstellung

Mit Hilfe der Beobachtungen soll festgestellt werden ob Bestäuber oder Blütenbesucher eine Präferenz für eine gewisse Tageszeit zeigen. Beeinflusst durch niedrigere Temperaturen am Morgen und Abend verändert sich die Aktivität und somit die Häufigkeit der Blütenbesuche. Weiters soll festgestellt werden, ob Nahrungskonkurrenz besteht und wie sich die „Besucher“ gegenseitig beeinflussen. Die Einnischung der verschiedenen Arten und ihr Verhalten bei der Nahrungsaufnahme spielen dabei eine große Rolle. Durch Bestimmung des Zuckergehalts im Nektar und die in den Brakteen gesammelten Wassermengen soll eine mögliche Beeinflussung der Bestäuber und Blütenbesucher aufgezeigt werden. Hoher Zuckergehalt zu bestimmten Tageszeiten könnte zur gesteigerten Anlockung führen. Die ökologische Standortbetrachtung ist ebenfalls ein wesentlicher Aspekt. Aufzeichnungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit geben Aufschluss über die klimatischen Verhältnisse des Gebiets und die täglichen Schwankungen. Dadurch erfährt man viel über die ökologischen Bedingungen und somit über den zu beobachtenden Lebensraum.

7. Methoden

7.1 Standort

Bei der Standortbetrachtung wurde auf Lichtverhältnisse und Wasserversorgung geachtet. Die Anzahl von geöffneten Blüten an einem Blütenstand und deren Veränderungen im Lauf eines Tages wurde dokumentiert. Die Temperaturmessungen erfolgten mit Hilfe eines Bimetallthermometers während der gesamten täglichen Beobachtungszeit stündlich, ebenso die Messungen der Luftfeuchtigkeit mittels eines Hygrometers. Bimetallthermometer und Hygrometer wurden von der Station zur Verfügung gestellt.

7.2 Wassermessungen

Wie zuvor erwähnt sammelt sich in den Brakteen der Blütenstände Regenwasser, welches von verschiedenen Tieren genutzt wird. Durch das Überführen des in den Brakteen gesammelten Wassers (Kippen des gesamten Blütenstandes) in einen Messbecher konnte die ungefähre Menge pro Blütenstand in mL festgestellt werden.

7.3 Zuckermessungen

Um den genauen Zuckergehalt im Nektar der Blüten zu messen, wurde ein Handrefraktometer verwendet. Refraktometer basieren auf dem Prinzip, dass der Berechnungskoeffizient der unaufgelösten Substanz proportional zu ihrer Konzentration ist. Mit nur einigen Tropfen der Probe ist der Prozentsatz der unaufgelösten Substanz einfach festzustellen. Diese einfache Methode wird für Konzentrationsmessungen von Zuckerlösungen, Salz, u.s.w. verwendet (Internet 1). Es wurde zu drei Zeitpunkten mehrmals an verschiedenen Blüten gemessen.

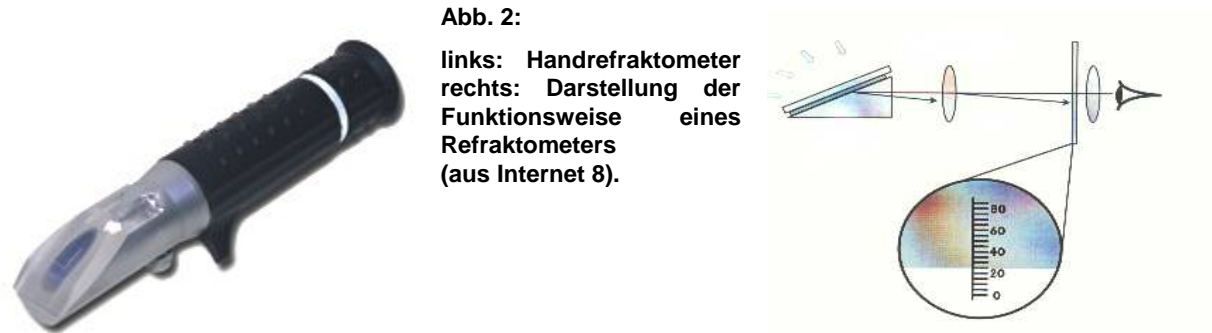


Abb. 2:

links: Handrefraktometer
rechts: Darstellung der Funktionsweise eines Refraktometers (aus Internet 8).

7.4 Bestäuber und Blütenbesucher

Von zwei Beobachtern wurden je acht Blütenstände mehrer Stunden pro Tag lang beobachtet. Mittels einer Strichliste konnte die Anzahl der Blütenbesuche pro Stunde aufgezeichnet. Durch die kurze Aufenthaltsdauer und der schwierigen Bestimmung konnte nicht die genaue Spezies festgestellt werden. Die Beobachtungsergebnisse beziehen sich auf Individuen der Euglossina (Prachtbienen), der Großgruppen Lepidoptera (Schmetterlinge) und Trochilida (Kolibris).

Mit Hilfe einer Uhr wurden die Zeitintervalle bestimmt und während der Beobachtungen konnte auch das Verhalten der Bestäuber und Blütebesucher dokumentiert werden.

8. Ergebnisse und Diskussion

8.1 Standort

Die klimatischen Charakteristika der Region, wurden schon in Kapitel 2. behandelt.

Der Garten der Station grenzt einerseits direkt an den Regenwald an, andererseits ist er von einigen Reisfeldern und Viehweiden umgeben. Durch die Nähe des Waldes werden viele Bewohner aus ihm heraus in bewohnte Gebiete gelockt. Besonders Tiere, die auch im Wald an offenen Stellen leben, wagen sich in an den Wald angrenzende Gebiete.

Mikrohabitat der beobachteten Pflanzen: Die Blütenstände liegen durch ihre eigenen hohen,



breiten Blätter und die umliegenden Bäume fast ausschließlich im Schatten. Direkte Sonne ist nur zeitweise an wolkenlosen Tagen am Vormittag möglich. Pro Blütenstand sind täglich zwischen drei und sechs Blüten geöffnet. Sie öffnen sich schon früh morgens bei Sonnenaufgang und fallen, je nach dem ob und wann sie bestäubt wurden, zu unterschiedlichen Zeiten ab. Es kann auch vorkommen, dass sie von Kolibris herausgezogen werden, damit diese leichter an das Wasser kommen, welches sich in den Brakteen sammelt. Durch die beinahe täglichen Gewitter kann sich die Pflanze ausreichend mit Wasser versorgen.

Foto: Regenwald der Österreicher, La Gamba, Costa Rica: *Calathea platystachia* mit Bestäuber (Orig.).

Temperatur & Luftfeuchtigkeit:

2003-07-19

06:00	24°	88,5%
07:00	24°	90,5%
08:00	24°	92,5%
09:00	24°	90%
10:00	25°	89%
15:00	28°	82%
16:00	27°	83,5%
17:00	26,5°	87,5%
18:00	26°	88%

Niederschlag: 2 mm
 Temperaturminimum: 23°
 Temperaturmaximum: 33°
 08:00-09:00: Regen

2003-08-01

05:30	23°	88%	Regen
06:00	23°	90%	Nebelverhangen, stark bewölkt
06:30	23°	90%	Nebelverhangen, stark bewölkt
07:00	23°	91,5%	Nebel verzieht sich etwas
08:00	23,5°	92,2%	keine direkte Sonne, bewölkt
09:00	24,8°	91%	keine direkte Sonne, bewölkt
09:30	27°	85%	Sonne bricht durch, leicht bedeckt
10:00	31°	78%	Sonnig, leicht bedeckt

Niederschlag: 96 mm
 Temperaturminimum: 23°
 Temperaturmaximum: 31°
 05:00 kurzer Regenschauer
 14:00 starker anhaltender Regen

2003-08-04

05:00	23,5°	90,5%	Nebelig, bewölkt
06:00	23,5°	92,5%	nebelig, bewölkt
07:00	24°	90,2%	Nebel verzieht sich leicht bedeckt
08:00	25°	89,8%	fast wolkenlos, sonnig
09:00	26,5°	83%	Wolken ziehen auf, teilw. sonnig
10:00	28°	75%	teilw. bewölkt, teilw. sonnig
11:00	30,5°	64,5%	teilw. bewölkt, teilw. sonnig
15:00	26°	81%	stark bewölkt, leichter Regen
16:00	24,8°	91%	Regen hört wieder auf
17:00	24°	92,5%	Stark bewölkt

Niederschlag: 12 mm
 Temperaturminimum: 24°
 Temperaturmaximum: 32°
 17:05 Regen

2003-08-05

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

06:00	23,2°	89%	nebelig
07:00	23,2°	90%	Nebel verzieht sich, sonnig
08:00	24,2°	90%	wolkenlos, sonnig
09:00	28°	84,5%	wolkenlos, sonnig
10:00	29,8°	67%	Wolken ziehen auf, teilw. sonnig
11:00	27,8°	83%	bedeckt, keine Sonne
15:30	25,5°	85,5%	stark bewölkt nach Regen
16:00	25°	90%	Regen setzt ein

Niederschlag: 50 mm

Temperaturminimum: 22°

Temperaturmaximum: 31°

16:00 anhaltender Regen

2003-08-06

06:00	23°	91,4%	nebelig
07:00	22,8°	92,5%	nebelig
08:00	23,2°	92%	Nebel verzieht sich, bewölkt
09:00	24,9°	88,3%	bewölkt
10:00	26°	87,2%	bewölkt
15:00	27,5°	80%	bewölkt
16:00	25,5°	85,7%	bewölkt , leichter Wind
17:00	25°	88,2%	Stark bewölkt
17:20	25°	87,7%	Regen setzt ein

Niederschlag: 7,5 mm

Temperaturminimum: 24°

Temperaturmaximum: 32°

17:20 Regen

8.2 Wassermessungen

Die Wassermengen von fünf verschiedenen Blütenständen wurden gemessen. Je nach Größe der Blütenstände, deren Exposition und auch der Intensität der Regenfälle variiert die Menge an aufgefangenem Wasser stark.

Blütenstand 1	ca. 20 mL
Blütenstand 2	ca. 32 mL
Blütenstand 3	ca. 10 mL
Blütenstand 4	ca. 40 mL
Blütenstand 5	ca. 60 mL

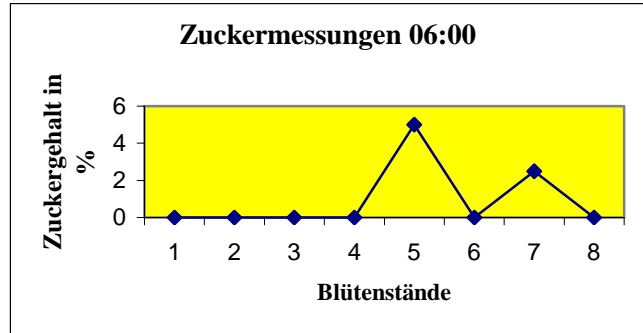
In wieweit die Menge an gesammeltem Wasser für die Häufigkeit der Blütenbesuche verantwortlich ist, konnte nicht festgestellt werden.

8.3 Zuckermessungen

Zu drei verschiedenen Zeitpunkten wurden von verschiedenen Blüten Proben genommen und der Zuckergehalt des Nektars ermittelt.

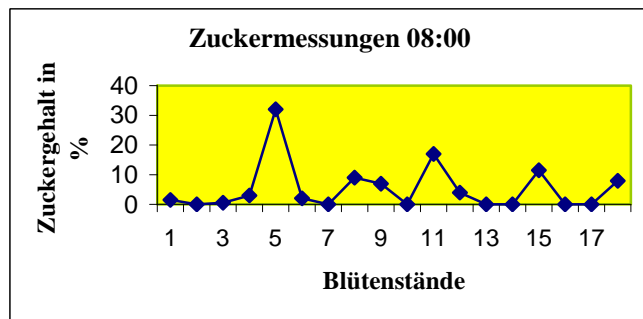
06:00

Blüte	Entnommene Menge	Zuckergehalt in %
1	13 mm / 6,5 µL	0
2	1 mm / 0,5 µL	0
3	14 mm / 7 µL	0
4	17 mm / 8,5 µL	0
5	6 mm / 3 µL	5
6	8 mm / 4 µL	0
7	10 mm / 5 µL	2,5
8	19 mm / 8,5 µL	0

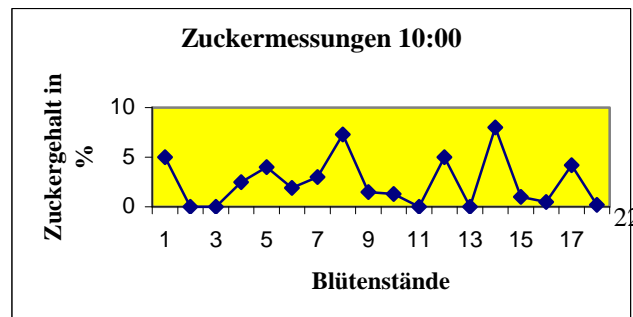


08:00

Blüte	Entnommene Menge	Zuckergehalt in %
1	6 mm / 3 µL	1,5
2	2 mm / 1 µL	0
3	12 mm / 6 µL	0,5
4	15 mm / 7,5 µL	3
5	10 mm / 5 µL	32
6	9 mm / 4,5 µL	2
7	3 mm / 1,5 µL	0
8	8 mm / 4 µL	9
9	15 mm / 7,5 µL	7
10	4 mm / 2 µL	0
11	15 mm / 7,5 µL	17
12	17 mm / 8,5 µL	4
13	7 mm / 3,5 µL	0
14	30 mm / 15 µL	0
15	6 mm / 3 µL	11,5
16	10 mm / 5 µL	0
17	6 mm / 3 µL	0
18	4 mm / 2 µL	8



10:00



Blüte	Entnommene Menge	Zuckergehalt in %
1	10 mm / 5 µL	5
2	10 mm / 5 µL	0
3	3 mm / 1,5 µL	0
4	11 mm / 5,5 µL	2,5
5	13 mm / 6,5 µL	4
6	28 mm / 14 µL	1,9
7	20 mm / 10µL	3
8	6 mm / 3 µL	7,3
9	2 mm / 1 µL	1,5
10	28 mm / 14 µL	1,3
11	8 mm / 4 µL	0
12	5 mm / 2,5 µL	5
13	4 mm / 2 µL	0
14	2 mm / 1 µL	8
15	4 mm / 2 µL	1
16	25 mm / 12,5 µL	0,5
17	22 mm / 11 µL	4,2
18	26 mm / 13 µL	0,2

Wie schon in Kapitel 1.3 erwähnt, ist die Nektarproduktion der einzelnen Blüten sehr unterschiedlich. Dies zeigen auch die Messdaten. Die Blüten produzieren verschiedene Mengen an Nektar mit unterschiedlichem Zuckergehalt. Wie weit die Höhe des Zuckergehalts an der Anlockung der Bestäuber, aber auch der Blütenbesucher,

beteiligt ist, kann anhand dieser Daten nicht festgestellt werden. Weiters könnte sich auch der Duft der Blüte im Laufe des Tages verändern und Auswirkungen auf die Anlockung haben.

8.4 Bestäuber und Blütenbesucher

Eine besonders ausgeprägte Tendenz von Euglossinen, Kolibris und Schmetterlingen zum Besuch bestimmter Blütenstände ist anhand der Ergebnisse nicht zu erkennen. Manche

Blütenstände werden innerhalb eines kurzen Zeitraums mehrmals angeflogen (siehe Diagramme und Tabellen „Blütenbesuche der Kolibris bzw. Schmetterlinge“), auch wenn der Griffelmechanismus ausgelöst wurde und die Bestäubung schon bei vielen Einzelblüten stattgefunden hat. Grund dafür könnte sein, dass durch die teilweise hohe Nektarproduktion einzelner Blüten auch nach einem Blütenbesuch noch gewisse Mengen an Nektar in der Blüte vorhanden sind. Dadurch werden weitere Blütenbesucher angelockt.

Die Beobachtungen am 1. Beobachtungstag (2003-07-19) ergaben keine Ergebnisse für den Blütenbesuch von Euglossinen, da keine zu einer der beobachteten Blüten flog. Es konnten jedoch bei den umliegenden Blütenständen zeitweise einige Bienen beobachtet werden. Die Vermutung, dass sie durch die Anwesenheit von Menschen beim Anfliegen der Blüten gehindert wurden, liegt nahe, jedoch weisen die Ergebnisse der darauf folgenden Tage nicht darauf hin.

Direkt nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang ist die Aktivität der Euglossinen und Schmetterlinge am geringsten (siehe Diagramme). Bei den Kolibris ist gut ersichtlich, dass sie schon am späten Nachmittag nicht mehr so häufig fliegen. Besonders aktiv sind sie in den Morgenstunden (siehe Tab. „Blütenbesuche der Kolibris“ im Anhang), denn für sie ist es von großer Bedeutung sofort nach Sonnenaufgang Nahrung zu finden. Nachdem sie nachts über in eine Starre verfallen, um nicht zu viel Energie zu verbrauchen, gilt es am Morgen umso mehr Nahrung zu beschaffen, denn der besonders intensive Flügelschlag des Kolibris verbraucht äußerst viel Energie. Kolibris (Trochilida) werden aufgrund ihres Aussehens und ihrem Verhalten bei der Nahrungssuche in zwei ökologische Gruppen eingeteilt: „Nicht-Hermiten“ unterscheiden sich von den „Hermiten“ durch einen meist gerade verlaufenden Schnabel und leuchtende, schillernde Farben. Weiters fliegen „Hermiten“ fast nur in Waldgebieten, „Nicht-Hermiten“ sind öfters an offenen Plätzen zu sehen. Da alle drei Merkmale auf die Blütenbesucher der beobachteten *Calathea* zutreffen, kann man davon ausgehen, dass ausschließlich „Nicht-Hermiten“ als Blütenbesucher auftreten.

Gut ersichtlich ist die Tendenz der Euglossinen nicht direkt nach Sonnenaufgang schon aktiv zu werden (vergl. Diagramme S. 26). Grund dafür könnten die etwas niedrigeren Temperaturen sein. Nachdem sich der Nebel durch die ersten Sonnenstrahlen verzogen hat und die Luft schon etwas erwärmt wurde, kommen Schmetterlinge und Euglossinen um Nektar zu laben. Zwischen 07:00

und 09:00 Uhr nimmt die Aktivität deutlich zu. Besonders zwischen 10:00 und 11:00 Uhr ist die Frequenz besonders hoch. Dies ist auch in den Diagrammen (S. 26) ersichtlich.

Am Nachmittag werden die Blütenbesuche der Euglossinen immer seltener. Grund dafür könnte sein, dass einige Blüten (mit relativ großer Sicherheit solche bei denen der Griffelmechanismus schon ausgelöst wurde) schon am frühen Nachmittag abfallen. Es steht daher eine wesentlich geringere Menge an Nektar zur Verfügung. Auch vor dem Einsetzen des Regens fliegen sie nicht mehr. Im Gegensatz dazu zeigen Schmetterlinge eine ausgeprägte Präferenz für die Nachmittagsstunden (15:00 - 16:00 Uhr). In den Tabellen („Blütenbesuche der Schmetterlinge“ im Anhang) fällt dieser Trend besonders stark auf.

Es konnte weiters beobachtet werden, dass sich Kolibris durch Schmetterlinge bei der Nahrungsaufnahme stören lassen. Umgekehrt vertreiben Kolibris selbst ab und zu Euglossinen von Blüten die ihnen zusagen. Somit üben sie aufeinander Konkurrenzdruck aus. Schnelle Bewegungen seitens der Beobachter vertreiben wendige Euglossinen genauso wie Kolibris. Im Gegensatz dazu lassen sich Schmetterlinge davon nicht stören und verbringen relativ viel Zeit an einer Blüte.

Inwieweit der Nektar die Anlockung von Euglossinen, aber auch von Schmetterlingen und Kolibris beeinflusst konnte nicht festgestellt werden. Möglicherweise spielen auch Duftstoffe eine gewisse Rolle oder die Anlockung beruht auf anderen Faktoren.

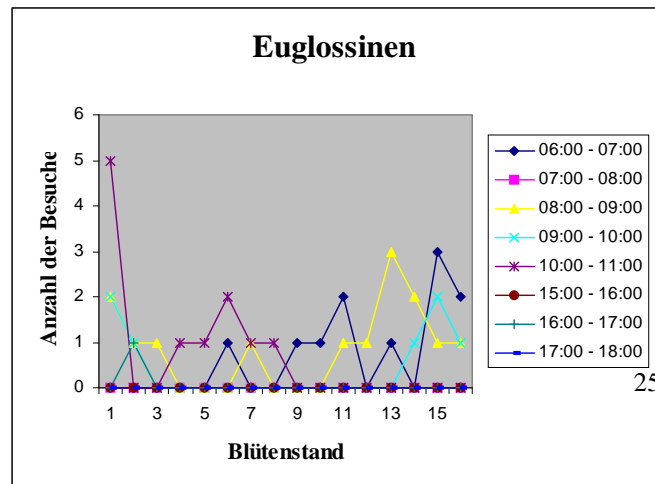
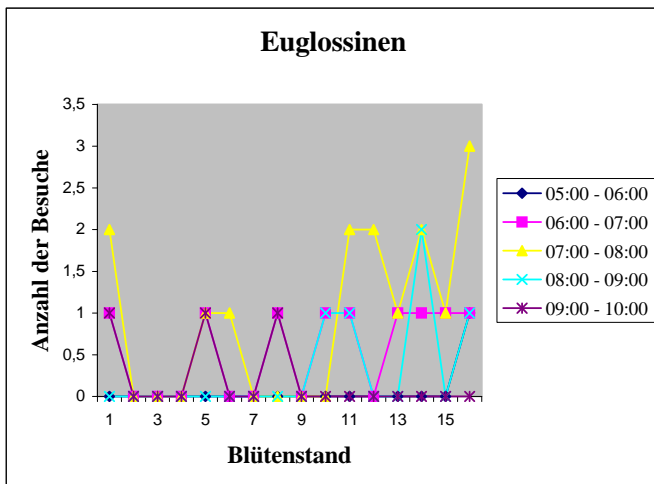


Diagramm 1 zu Tab. 5

2003-08-04

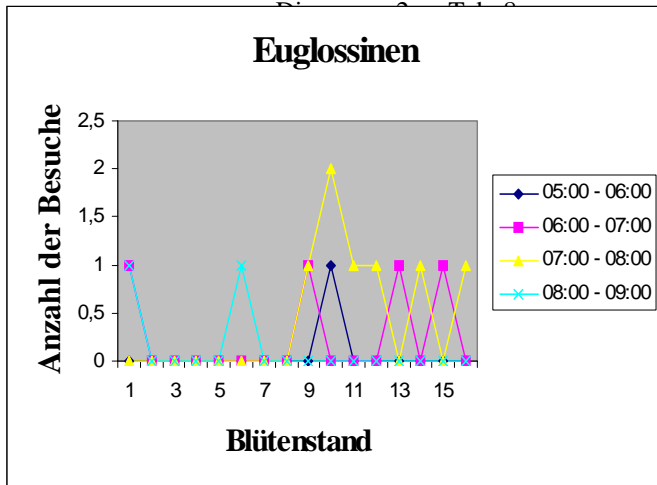
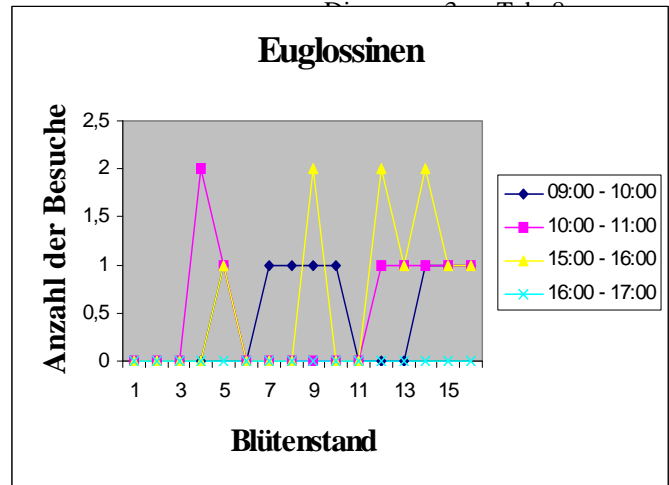


Diagramm 6 zu Tab. 14



2003-08-05

Diagramm 4 zu Tab. 11

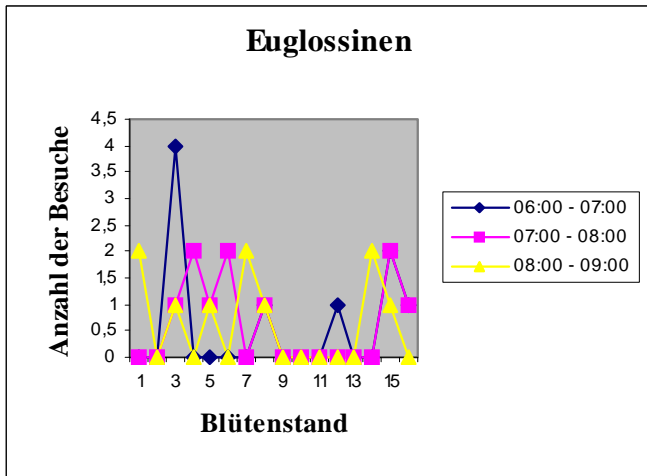
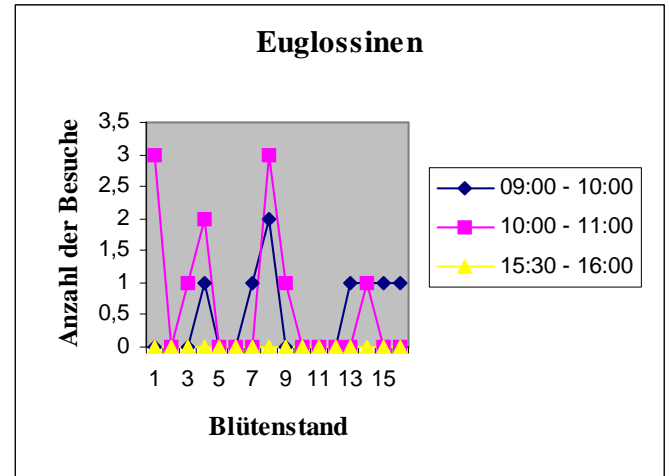


Diagramm 5 zu Tab. 11



9. Glossar

Andrözium: Gesamtheit der männlichen Staubblätter (der männlichen Geschlechtsorgane) einer Blüte.

Anthere: (griech. *ánthe* = das Blühen; *antherós* = blühend) Staubbeutel; in der Regel aus Hälften (Theken) bestehend, die durch ein Zwischenstück (Konnektiv) verbunden sind. Jede der Staubbeutelhälften enthält zwei Pollensäcke, in denen sich die Pollenkörner bilden.

Apex: lat. = Spitze

Corólla: = Krone; der von Kronblättern gebildete innere Kreis einer doppelten Blütenhülle.

Gynözium: (griech. *gyné* = Frau *oikos* = Haus) Gesamtheit der weiblichen Blütenorgane bzw. der Fruchtblätter einer Blüte.

Infloreszenzen: (lat. *infloréscere* = aufblühen, erblühen) = Blütenstände; der Blütenbildung dienende, dementsprechend metamorphisierte Sprosssysteme der Speramtophyten, die sich vom rein vegetativen Bereich \pm deutlich absetzen.

Karpéle: (griech. *karpós* = Frucht) Fruchtblätter; bei den großblättrigen Gymnospermen tragen die Fruchtblätter (auch Makrosporophylle genannt) die Samenanlagen (= auch Makrosporangien) offen. Bei den Angiospermen bilden die Fruchtblätter – entweder jedes für sich oder zu mehreren verwachsen – geschlossene Hohlräume, die Fruchtknoten, in denen die Makrosporangien eingeschlossen sind.

Kleptoparasitismus: (griech. *parasitos* = Schmarotzer) 1. gleichsinnig zu Beuteparasitismus: Wegnehmen von Nahrung (z.B. Beute) oder Baumaterial, vor allem bei Insekten (auch als Kleptobiose, d.h. Futterraub, oder Lestobiose bezeichnet); 2. gleichsinnig zu Ethoparasitismus: Ausnutzen des Verhaltens, mit Hilfe dessen ein Parasit oder Parasitoid den Wirt findet und parasitiert, durch eine andere Parasitenart; z.B. Finden des Wirts auf der Duftspur des Erstbesiedlers; kommt u.a. bei Hautflüglern und Dipteren vor.

Labrum: lat. Oberlippe

Metasoma: Hinterleib

Neotropisch: (griech. *néos* = neu, jung) Bezeichnung für ein Florenreich der Erde, das die tropischen und subtropischen Teile von Mittel- und Südamerika bis etwa zum 40. Grad südlicher Breite umfasst.

Ochrea: (lat. *óchres* = Beinschiene); eine durch Verwachsung von Nebenblättern entstandene stengelumfassende Röhre.

Skutellum: Bezeichnet einen Teil des Mesothorax. Die Deckplatte auf der Rückenseite (Notum) ist jeweils quer in 3 Abschnitte unterteilt: Praescutum, Scutum und Scutellum (Schildchen).

Stamina: (lat. *stámen*, -inis = Faden) Staubblätter; die den Pollen erzeugenden Blattorgane der Phanerogamen, in der Regel fadenförmig dünn, gelegentlich auch blattartig verbreitert, bestehend aus Staubfaden und Staubbeutel.

Tarsus: aus mehreren Segmenten bestehendes Insektenbein.

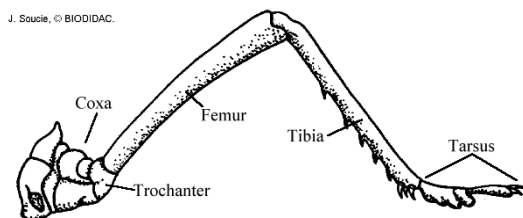


Abb. 3: schematische Darstellung eines Insektenbeins (Internet 9).

Théka: (griech. théke = Behältnis, Schale u.ä.); die bei Angiospermen meist aus zwei Pollensäcken gebildete Antherenhälfte, die aus einer Öffnung Pollen entlässt.

Thorax: segmentierte Brust.

(SCHUBERT & WAGNER 2000; Internet 9 + 10)

10. Danksagung

Besonderen Dank möchte ich meiner Kollegin Horner Gudrun aussprechen, die mich bei den Beobachtungen mit Geduld und Zuverlässigkeit unterstützt hat. Mit gutem Beobachtungssinn und konnten wir die Daten für die vorliegenden Ergebnissen zusammen aufnehmen. Während den Beobachtungen aufgenommene Fotos wurden mir ebenfalls von ihr zur Verfügung gestellt.

Weiters bedanke ich mich bei Prof. Mag. Dr. Paul Heiselmayer für die fachliche Unterstützung und den hilfreichen Hinweisen hinsichtlich des Aufbaus der Arbeit. Seine Zustimmung motivierte uns (Gudrun und mich) keine rein literaturbezogene Bakkalaureatsarbeit zu schreiben, sondern die Gelegenheit zu nutzen und auch praktische Erfahrungen zu sammeln.

11. Literaturverzeichnis

ACKERMAN J. D. (1983): Specificity and mutual dependency of the orchid - euglossine bee interaction, *Biol. J. Linn. Soc.* 20

ARMBRUSTER W. S. & MCCORMICK K. D. (1990): Diel foraging patterns of male euglossine bees: Ecological causes and evolutionary response by plants, *Biotropica* 22

BUCHMANN S. L. (1980): Preliminary anthecological observation on *Xiphidium caeruleum* Aubl. (Monocotyledonese: Haemodoraceae) in Panama, *J. Kansas Entomol. Soc.* 53

CLASSEN-BOCKHOFF R. (1991): Untersuchungen und Konstruktion des Bestäubungsapparates von *Thalia geniculata* (Marantaceen), *Botanische Acta* 104: 183-93

DRESSLER R. L. (1981): *The Orchids. Natural History and Classification*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press

DRESSLER R. (1982): Biology of the orchid bees (Euglossini), *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13

- DODSON C. H. (1975): Coevolution of orchids and bees, in Coevolution of animal and plants, Austin-London, University of Texas Press
- ENDRESS P. K. (1994): Diversity and evolutionary biology of tropical flowers, University of Zürich, Cambridge University Press
- GENTRY A. H. (1993): Woody Plants of Northwest South America; a field guide, Conservation International, University of Chicago Press edition 1996
- HANSON P. E. & GAULD I. D. (1995): The Hymenoptera of Costa Rica, Oxford, New York, Tokyo, Oxford University Press
- HEYWOOD V. H. (1993): Flowering Plants of the World, New York, Oxford University Press
- HUBER W., WEIGL S. & WEISSENHOFER A. (Nov. 8th 2001 to March 10th 2002): Field guide Golfo Dulce Rain Forest Costa Rica, Linz, Biologiezentrum des oberösterreichischen Landesmuseum
- KENNEDY H. (1978): Systematics and pollination of the 'closed-flower' species of *Calathea*, Bot.Not.130: 333-9
- KENNEDY H. (1983): *Calathea insignis* (hoya negra, hoyo de sal, bijagua, rattlesnake plant) In Janzen, D.H. (ed.), Costa Rican Natural History, 207-4. Chicago; University of Chicago Press
- KUNZE H. (1984): Vergleichend-morphologische Studien an Cannaceen- und Marantaceenblüten, *Flora* 175:301-18
- LÖTSCHERT W. & BEESE G., (1983): Tropical Plants, ursprünglich als Pflanzen der Tropen 1981 publiziert, englische Übersetzung W. Collins Sons & Co. Ltd.
- MAAS P.J.M. & WESTRA L.Y.TH. (1993): Neotropical Plant Families, Germany/USA, Koeltz Scientific Books
- ROUBIK D. W. (1989): *Ecology and Natural History of Tropical Bees*, Cambridge University press
- SCHUBERT R. & WAGNER G. (2000): Botanisches Wörterbuch, 12. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- SITTE P., WEILER E. W., KADEREIT J. W., BRESINSKY A. & KÖRNER C., (2002): Strasburger, Lehrbuch der Botanik, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg / Berlin
- VOGEL S. (1984): Blütensekrete als akzessorischer Pollenkitt. In Ehrendorfer, F. (Ed.), Mitteilungsband Botaniker-Tagung Wien, 123. Vienna: Institut für Botanik, Universität Wien
- WALTER H., BRECKLE S-W. (1984): Ökologie der Erde Band 2, Spezielle Ökologie der Tropischen und Subtropischen Zonen, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag
- WILLIAMS N. H. (1982): The biology of orchids and euglossine bees. In Arditti, J. (ed.), *Orchid Biology. Reviews and Perspectives II*, Ithaca: Comstock
- WILLIAMS N. H. & WHITTEN W. M. (1983): Orchid floral fragrances and male euglossine bees: Methods and advances in the last sesquidecade, Biol. Bull. 164

Katalog zur Ausstellung Helikonien & Kolibris, Der "Regenwald der Österreicher" in Costa Rica, Wien

13.12.2002

Internet 1: Mikroskope Beyersdörfer:

<http://www.koiteich.de/Mikroskope/Zubehor/Refraktometer/refraktometer.html>

Internet 2: The Families of Flowering Plants, L. Watson and M. J. Dallwitz:

<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/delta/angio/www/marantac.htm>

Internet 3: BEN Botanical electronic news:

<http://www.ou.edu/cas/botany-micro/ben/ben216.html>

Internet 4: Department of Systematic Botany, Uppsala University, Classification of flowering plants:

<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/apg/classification97.html>

Internet 5: University of Hawaii at Manoa, Botany Department:

http://www.botany.hawaii.edu/faculty/carr/images/mar_sp_2490.jpg

Internet 6: Sunken Gardens, Florida: www.apopkafoliage.com/WebAd/SunkenGardens.htm

Internet 7: Förderkreis Orchidarium, von Benjamin Bembé (Zoologische Staatssammlung München):

<http://www.orchidarium.org/proj18.html>

Internet 8: Winopal, Forschungsbedarf GmbH:

http://www.winopal.com/Refraktometer/Hand_RFM/hand_rfm.html

Internet 9: http://www.faunistik.net/DETINVERT/MORPHOLOGY/_morphology.html

Internet 10: <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/bio/36322>

Internet 11: http://www.spanishcourses.info/countries/CR_DE.asp

12. Anhang

Beschreibung der Tabellen:

1-16 ... Durchnummerierte Blütenstände

K1-Kn ... Nacheinander gezählte Kolibris

06:00, 07:00 etc. ... von diesem Zeitpunkt ausgehend eine Stunde Beobachtung

Bei den Beobachtungslisten der Euglossinen und Kolibris wurde der exakte Zeitpunkt notiert.

Bei den Schmetterlingen wurde lediglich die Anzahl der Blütenbesuche pro Stunde aufgezeichnet.

2003-07-19

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

Blütenbesuche der Kolibris (Tab.1)

	K1	K2	K3	K4	K5
1			09:41		
2				15:09	
3			09:41	15:09	
4				15:09	
5					
6			09:41		
7			09:41		
8			09:41	15:09	
9				15:09	
10		07:54		15:09	15:49
11	07:49	07:54		15:09	
12				15:09	
13				15:09	
14					
15					
16		07:54			15:49

Blütenbesuche der Schmetterlinge (Tab.2)

	06:00	07:00	08:00	09:00	15:00	16:00	17:00
1				2	2		
2				1			
3					4		
4					4	2	1
5	1	1		1	9	1	2
6	1	1			1	1	1
7	1						
8				2	1		
9							
10					2		
11	1	1		1	2	1	2
12	1				2		
13					1		
14					1		
15					2	1	
16	1				4		2

2003-08-01

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

Blütenbesuche der Kolibris (Tab.3)

	K1	K2	K3	K4	K5
1	05:56				
2	05:56				09:24
3					
4				08:52	
5		07:35			
6				08:52	
7				08:52	
8		07:35		08:52	
9					
10			07:52		
11					
12					
13					
14					
15					
16			07:52		

Blütenbesuche der Schmetterlinge (Tab.4)

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00
1			1		
2		2			
3					
4		1			
5				1	
6			1		
7					
8			2		
9					
10		1			
11					2
12					
13					
14					
15					
16					

Blütenbesuche der Euglossinen (Tab.5)

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00
1		1	2		1
2					
3					
4					
5		1	1		1
6			1		
7					
8		1			1
9					
10		1		1	
11		1	2	1	
12			2		
13		1	1		
14		1	2	2	
15		1	1		
16	1	1	3	1	

2003-08-04

Blütenbesuche der Kolibris (Tab.6)

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
1		06:48								10:55					
2	05:39									10:55					
3	05:39									10:55					
4		06:48				08:44									16:14
5	05:39						09:32					15:44			
6								09:35							
7								09:35							
8								09:35							
9													15:51		
10					08:35				10:15						
11													15:51		
12					08:35				10:15						
13									10:15						
14			07:50						10:15						
15				08:15	08:35				10:15		15:38		15:51		
16			07:50						10:15				15:51	16:13	

Blütenbesuche der Schmetterlinge (Tab.7)

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	15:00	16:00
1			1	2	1			1
2		2		2	2		6	1
3		1		2			2	1
4	2				2		1	
5		1				1	3	3
6	1						1	1
7		1	1	2			1	1
8		2	1	2			1	
9	1	3		1			1	
10								
11	1							1
12			1	1				
13							1	
14	1						1	
15								1
16							2	

Blütenbesuche der Euglossinen (Tab.8)

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	15:00	16:00
1		1		1				
2								
3								
4						2		
5					1	1	1	
6				1				
7					1			
8					1			
9		1	1		1		2	
10	1		2		1			
11			1					
12			1			1	2	
13		1				1	1	
14			1		1	1	2	
15		1			1	1	1	
16			1		1	1	1	

2003-08-05

Blütenbesuche der Kolibris (Tab.9)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1							
2							
3							
4			08:07		08:45		
5							
6							
7							
8						10:53	
9	06:17			08:09			
10	06:17			08:09			
11			08:07	08:09		10:53	
12	06:17	07:04					15:43
13	06:17	07:04					
14		07:04					
15		07:04					
16		07:04					

Blütenbesuche der Schmetterlinge (Tab.10)

	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	15:30
1						
2						
3					1	3
4						
5						
6						
7					1	
8	1			1	1	1
9	1	2	2	4		1
10	5		3	1	1	
11	2	1		3	1	2
12	2	1	1	1	1	
13	1			1	1	
14				2		
15						
16						

Blütenbesuche der Euglossinen (Tab.11)

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	15:30
1			2		3	
2						
3	4	1	1		1	
4		2		1	2	
5		1	1			
6		2				
7			2	1		
8	1	1	1	2	3	
9					1	
10						
11						
12	1					
13				1		
14			2	1	1	
15	2	2	1	1		
16	1	1		1		

2003-08-06

Blütenbesuche der Kolibris (Tab.12)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
1					16:16			
2								
3		08:00	08:43		16:16		16:35	
4							16:35	
5		08:00					16:35	
6		08:00						
7		08:00				16:18		
8								
9	07:20			09:35				
10								16:42
11	07:20			09:35				16:42
12	07:20							16:41
13				09:35				16:41
14	07:20							16:41
15	07:20			09:35				16:41
16	07:20							

Blütenbesuche der Schmetterlinge (Tab.13)

Biologie der Marantaceae (Pfeilwurzgewächse)

	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	15:00	16:00	17:00
1		2				2		
2								
3								
4	3		1			2		
5		3	1			2	1	
6	1	2	3	1		3	3	
7			1					
8			2			1	1	
9	1	2	3			3	4	
10		2	2	1				
11	2	1	1				1	
12						2		
13						1	1	
14			1					
15			1					1
16			3					

Blütenbesuche der Euglossinen (Tab.14)

	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	15:00	16:00	17:00
1			2	2	5			
2			1	1			1	
3			1					
4					1			
5					1			
6	1				2			
7			1		1			
8					1			
9	1							
10	1							
11	2		1					
12			1					
13	1		3					
14			2	1				
15	3		1	2				
16	2		1	1				