



# Die Blumenuhr

## Onlinesupplement 2: Arbeitsblätter Blumenuhr

Inga Desch<sup>1,\*</sup>, Stefan Nessler<sup>2</sup>, Dorothee Beez<sup>3</sup> & Ute Volkmar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universität Heidelberg, <sup>2</sup> Freie Universität Berlin, <sup>3</sup> Pädagogische Hochschule Heidelberg

\* Kontakt: Universitätsmedizin Mannheim der Universität Heidelberg, Mannheimer Institut für Public Health, Sozial- und Präventivmedizin, Ludolf-Krehl-Straße 7-11, 68167 Mannheim

*E-Mail:* [inga.desch@medma.uni-heidelberg.de](mailto:inga.desch@medma.uni-heidelberg.de)

**Zitationshinweis:**

Desch, I., Nessler, S., Beez, D., & Volkmar, U. (2020). Die Blumenuhr. Konzept für einen interesseweckenden Einstieg in die Grundlagen der Botanik [Onlinesupplement 2: Arbeitsblätter Blumenuhr]. Herausforderung Lehrer\_innenbildung, 3 (1), 67–79. <https://doi.org/10.4119/hlz-2510>

Eingereicht: 05.09.2018 / Angenommen: 15.12.2109 / Online verfügbar: 29.01.2020

**ISSN:** 2625–0675

---

## Neue Pflanzen für die Blumenuhr?



Carl von Linné steht am Fenster und schaut auf seine Blumenuhr, als sein Student Erik mit vier Pflanzen hereinkommt.

Erik: Meister Linné, ich komme gerade von meiner Exkursion zurück und habe vier Pflanzen mitgebracht, die ich in den nächsten drei Wochen rund um die Uhr beobachten möchte, um zu schauen, ob wir sie für die neue Pflanzenuhr verwenden können!

Linné: Lieber Erik, ich freue mich sehr über dein Engagement, aber auch deine Zeit ist kostbar. Zwei dieser Pflanzen (A und B) werden nicht taugen, das kannst Du in 20 Minuten herausfinden. Die anderen Beiden kannst Du beobachten, aber bei Pflanze D sage ich Dir jetzt schon, sie wird nicht in unsere Uhr passen, aber dennoch Aussagen über die Tageszeit zulassen.

Erik: Ihr sprecht in Rätseln.

Linné: Die Pflanze A kann sich öffnen und schließen, aber dies hat nichts mit der Uhrzeit zu tun. Außerdem verwendet sie dafür andere Pflanzenteile als die anderen (Arbeitsblatt A, Hilfe A).

Erik: Und warum kann ich Pflanze B in nur 20 Minuten ausschließen?

Linné: Vergleiche Pflanze B mit Pflanze C (Arbeitsblatt BC). Beide sind an unterschiedliche Strategien angepasst (Hilfe BC). Und ich kann mir nicht vorstellen, dass es bei der Strategie von Pflanze B wichtig ist, wie spät es ist. Bei Pflanze C hingegen, könnte die Uhrzeit wegen des Phänomens C (Hilfe C) eine Rolle spielen.

Erik: Und Ihr schließt Pflanze D auch aus, aber ich soll sie trotzdem beobachten?

Linné: In der Biologie sollte man immer auch nach links und rechts sehen und nicht nur das überprüfen, von dem man bereits weiß, dass es stimmt. Die Pflanze ist sehr interessant und ihre Beobachtung wird Dir neue Fragen schenken (Arbeitsblatt D)! Alles zu hinterfragen ist nicht nur in den Naturwissenschaften die wichtigste Grundhaltung! Wer nicht fragt, bleibt... Nun ist mir das Sprichwort entfallen. Jedenfalls bleib neugierig.

Erik: Mein Bruder Lars ist auch sehr neugierig und will alles über die Blumenuhr erfahren. Aber er kann nicht sehen und das macht ihn dann sehr traurig, wenn ich von der Schönheit der Uhr erzähle.

Linné: Erik, darüber habe ich vorhin nachgedacht und mir ein Experiment für Dich ausgedacht (Arbeitsblatt Puffer). Aber dazu mehr, nachdem Du Dich mit deinen vier Pflanzen hier beschäftigt hast.

Erik: Okay, dann fange ich mal damit an zu überlegen, welche Pflanze mit A, B, C und D gemeint ist (Arbeitsblatt ABCD).

Arbeitsblatt ABCD

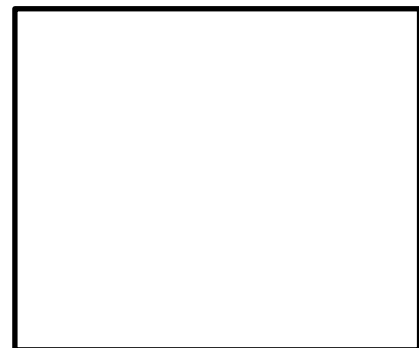
Informationen zu Pflanze A:

-----  
-----  
-----



Informationen zu Pflanze B:

-----  
-----  
-----



Informationen zu Pflanze C:

-----  
-----  
-----



Informationen zu Pflanze D:

-----  
-----  
-----



## Arbeitsblatt A

1. Wie kann Erik herausfinden, dass sich die Pflanze unabhängig von der Uhrzeit öffnet und schließt?

---

---

---

---

2. Wann schließt sich die Pflanze?

---

---

---

---

3. Wann öffnet sich die Pflanze?

---

---

---

---

4. Welcher Teil der Pflanze ist Erik bei seiner Exkursion aufgefallen, von dem Linné sagt, dass es ein anderer als bei seiner Blumenuhr ist?

---

---

---

5. Beweisen Sie, dass es nicht die Blüte ist ( Hilfe A).

---

---

---

---

## Arbeitsblatt BC

1. Vergleichen Sie die Blüten von Pflanze B und C unter Verwendung geeigneter Hilfsmittel. Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten fallen Ihnen auf?

Merkmal	Pflanze B	Pflanze C

2. Worauf könnten diese Unterschiede hindeuten?

---

---

---

3. Vergleichen Sie Ihre Beobachtungen und Vermutungen mit der Hilfe BC.

---

4. Was könnte das Phänomen C sein, von dem Linné sprach?

---

---

5. Erklären Sie Linnés Aussage „Bei Pflanze C hingegen, könnte die Uhrzeit wegen des Phänomens C eine Rolle spielen“ (große und kleine Hilfe C).

---

---

---

---

---

## Arbeitsblatt D

1. Welche Pflanze hat Erik wohl mitgebracht?

---

2. Welche Hilfsmittel benötigen Sie zusätzlich, um die Uhrzeit einschätzen zu können?

---

---

---

3. Welche Fragen könnte sich Erik nach der Beobachtung von Pflanze D stellen?

---

---

---

---

4. Überprüfen Sie Ihre Vermutung von Frage 1 und 2 mit Hilfe D. Haben Sie eine neue Erkenntnis/Idee/Frage?

---

---

5. Erfinden Sie eine Pflanze, die Ihnen Hinweise auf die Tageszeit gibt, aber nicht durch Öffnen oder Schließen der Blüte.

---

---

---

---

---

## Arbeitsblatt Puffer

Eriks blinder Bruder ist fasziniert von Linnés Blumenuhr. Er wünschte, er könnte bei der Forschung und weiteren Gestaltung der Uhr helfen.

1. Mit welchen anderen Sinnen, außer dem Sehsinn, könnte das Besondere der Blumenuhr wahrgenommen werden? Diskutieren Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile.

---

---

---

---

---

---

---

---



2. Planen Sie einen Versuch, um zu erforschen, ob Pflanzen zu verschiedenen Tageszeiten, ohne den Sehsinn zu benutzen, unterschiedlich wahrnehmbar sind.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Vergleichen Sie Ihren Versuch mit den Versuchen von Engelmann & Antkowiak (2016) (Hilfe Puffer).

## Hilfe A

„Das Blatt als typisches Grundorgan des Kormus tritt uns in einer enormen Vielfalt entgegen. Das betrifft nicht nur die äußere Gestalt und den inneren Aufbau, sondern auch die Funktion. [...] Im Allgemeinen denkt man, wenn man von Blättern spricht, an grüne Photosyntheseorgane, die flächig verbreitert sind, um die Absorption möglichst vieler Lichtquanten zu ermöglichen. Da jedoch jede Flächenvergrößerung zwangsläufig eine erhöhte Wasserdampf-abgabe zur Folge hat, ist die Oberfläche der Blätter bei Pflanzen, die an trockene Standorte angepasst sind, häufig reduziert. [...] In der Blütenregion sind die Blätter der Blütenkrone häufig leuchtend bunt gefärbt [...] Nicht selten sind die Blätter, vor allem im basalen Bereich oder an Erdsprossen, nur schuppenförmig ausgebildet [...] Schließlich sind auch die im Dienste der Fortpflanzung stehenden Staub- und Fruchtblätter den normalen Laubblättern homolog, also typische Blattorgane.“

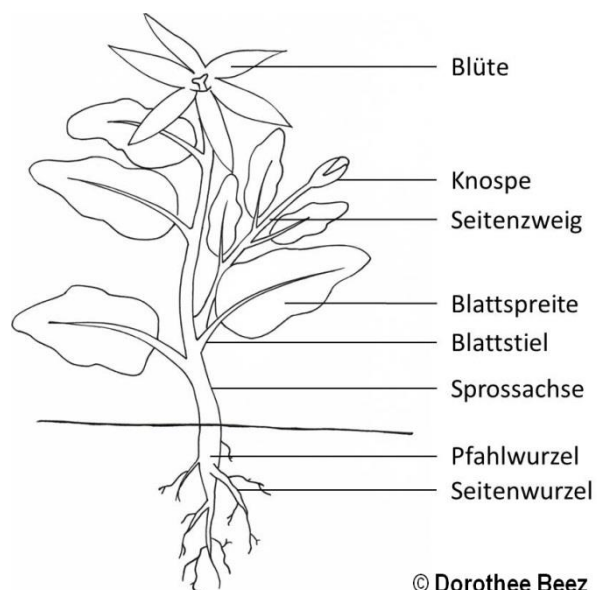
Aus: Nultsch (2001), S. 253

„Anatomischer Bau des Laubblattes - Unabhängig davon, welcher Blatt-Typ vorliegt, sind am Aufbau eines Laubblattes die gleichen charakteristischen Zelltypen beteiligt. Die Oberfläche des Blattes ist von einer meist einschichtigen Epidermis bedeckt, deren Zellen in der Mehrzahl der Fälle keine Chloroplasten enthalten. Darunter liegt das Palisadenparenchym [...] Es enthält die weitaus überwiegende Mehrzahl der Chloroplasten des Blattes und ist das eigentliche Photosynthesegewebe. An das Palisadenparenchym grenzt das Schwammparenchym, dessen Zellen ungleich weniger Chloroplasten enthalten und große Hohlräume umschließen. In der Epidermis befinden sich die Spaltöffnungen.“

Aus: Nultsch (2001), S. 259

„Bei allen Farn- und Samenpflanzen lässt sich ein gemeinsamer Morphotypus erkennen, der durch drei Grundorgane - Sprossachse, Blatt und Wurzel - charakterisiert ist und als Kormus bezeichnet wird [...] Blätter stehen immer an Sprossachsen, niemals an Wurzeln. [...] Zu beachten: Die Blüte der Blütenpflanzen ist kein Grundorgan, sondern ein Kurzspross, der Sporophylle trägt und der Fortpflanzung dient.“

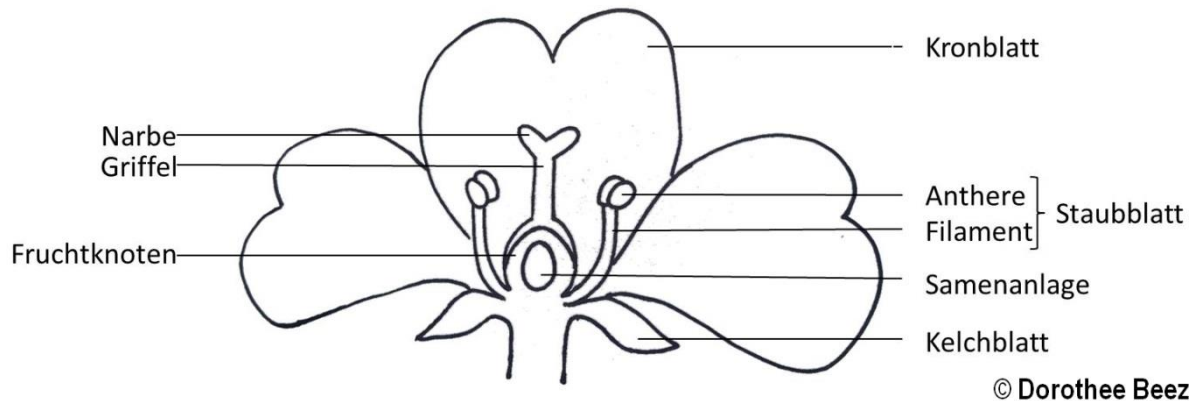
Aus: Strasburger (2014), S. 101f.





„Blüten können entweder eingeschlechtig [...] sein oder zwittrig [...] Eingeschlechtige Blüten können auf getrennten Individuen vorkommen [...] aber auch auf einem Individuum“

Aus: Strasburger (2014), S. 152



„Eine Blüte ist ein spezialisierter Kurzspross mit vier Wirteln abgewandelter Blätter: Kelchblätter, Kronblätter, Staubblätter und Fruchtblätter. Am Blütenboden stehen zunächst die Kelchblätter [...] die in der Regel grün sind und die Blüte umschließen, bevor sie sich öffnet [...] Auf die Kelchblätter folgen weiter innen die Kronblätter [...] Sie sind bei den meisten Blüten auffällig gefärbt und tragen dazu bei, bestäubende Tiere anzulocken. Bei windbestäubten Blüten sind die Kronblätter unscheinbar grün oder bräunlich. Kelch- und Kronblätter bilden die Blütenhülle und sie sind bei allen Angiospermen sterile Blütenorgane [...] sie können auch morphologisch gleich gestaltet sein [...]. Innerhalb der Blütenhülle stehen zwei Wirtel fertiler Blütenorgane, die Sporen produzierenden: Staubblätter und Fruchtblätter“

Aus: Campbell & Reece (2009), S. 844f.

## Hilfe BC

„Eine Blüte ist ein spezialisierter Kurzspross mit vier Wirteln abgewandelter Blätter: Kelchblätter, Kronblätter, Staubblätter und Fruchtblätter. Am Blütenboden stehen zunächst die Kelchblätter [...] die in der Regel grün sind und die Blüte umschließen, bevor sie sich öffnet [...] Auf die Kelchblätter folgen weiter innen die Kronblätter [...] Sie sind bei den meisten Blüten auffällig gefärbt und tragen dazu bei, bestäubende Tiere anzulocken. Bei windbestäubten Blüten sind die Kronblätter unscheinbar grün oder bräunlich. Kelch- und Kronblätter bilden die Blütenhülle und sie sind bei allen Angiospermen sterile Blütenorgane [...] sie können auch morphologisch gleich gestaltet sein [...]. Innerhalb der Blütenhülle stehen zwei Wirtel fertiler Blütenorgane, die Sporen produzierenden: Staubblätter und Fruchtblätter“

Aus: Campbell & Reece (2009), S. 844f.

„Die meisten Angiospermenarten sind auf einen lebenden (biotischen) oder unbelebten (abiotischen) Überträger angewiesen, der den Pollen von der Anthere der Blüte einer Pflanze zur Narbe eines Fruchtblatts der Blüte einer anderen Pflanze transportiert. Etwa 80 Prozent der Angiospermienarten werden durch Tiere bestäubt [...]. Bei den auf abiotische Weise bestäubten Pflanzenarten geschieht dies zu etwa 98 Prozent über den Wind [...].

Aus: Campbell & Reece (2009), S. 1088



„Zoophilie [Tierbestäubung] kann nur dann funktionieren, wenn ein Bestäuber auf die Blüten aufmerksam wird und die Blüten regelmäßig und genügend lange besucht, und wenn die Blüten so konstruiert sind, dass der Bestäuber Pollen und Narbe berührt und dabei auch Pollen transportiert. Um die Aufmerksamkeit zu erregen verfügen Blüten über Reizmittel und die Regelmäßigkeit des Besuchs wird meist über Lockmittel erreicht. Die Reizmittel der Blüten sind vor allem optischer und chemischer Natur: Farbe und Duft. [...] Belohnung von Bestäubern kann durch unterschiedlichste Lockmittel erfolgen. Hier sind Pollen und Nektar als Nahrung für den Bestäuber von herausragender Bedeutung.“

Aus: Strasburger (2014), S. 166

„Etwa 20 Prozent aller Angiospermenarten sind windbestäubt. Da ihr Fortpflanzungserfolg nicht davon abhängt, dass Bestäuber angelockt werden müssen, existiert auch kein Selektionsdruck zur Ausbildung farbiger oder duftender Blüten. Dementsprechend hat die Evolution bei den windbestäubten Blüten dazu geführt, dass sie häufig klein, grün und unscheinbar sind und weder Nektar noch Duftstoffe produzieren. Die meisten Baumarten und so gut wie alle Süßgräser, Sauergräser und Binsengewächse [...] werden durch Wind bestäubt. Die Blüten der Hasel [...] erscheinen im zeitigen Frühjahr, wenn die Vegetation noch keine Blätter ausgebildet hat, was eine freie Pollenausbreitung einschränken würde.“

Aus Campbell & Reece(2009) S. 1088

„Windblütigkeit (Anemophilie) erfordert, dass eine genügend große Pollenmenge erzeugt und ausgestreut wird, dass sich die Pollenkörner in der Luft rasch und möglichst gleichmäßig verteilen und möglichst lange schweben, und dass die Narben so frei liegen und so groß sind, dass eine Bestäubung häufig genug zustande kommt. Windbestäubte Blüten sind meist optisch unauffällig und duft- und nektarlos, häufig eingeschlechtig, die männlichen Blüten (bzw. Staubblätter) sind im Vergleich zu den weiblichen Blüten (bzw. Samenanlagen) stark vermehrt [...]. Angesichts dieser Anforderungen ist bei windbestäubten Arten ein Komplex typischer Merkmale entstanden. Die Pollenkörner vereinzeln sich leicht [...] ihre Massenproduktion kann durch Vergrößerung der Antheren und/oder starke Vermehrung von männlichen Blüten bzw. Staubblättern zustande kommen. Bei *Corylus* (Haselnuss) z.B. stehen einer Samenanlage 2,5 Millionen Pollenkörner gegenüber. [...] Die Griffel und Narben der weiblichen Blüten windbestäubter Angiospermen sind meist stark vergrößert [...] Die die Bestäubung letztlich nur behindernde Blütenhülle ist reduziert oder fehlt.“

Aus: Strasburger (2014), S. 165



Abbildung: Männliche und weibliche Blüten der Haselnuss - *gemeinfrei*

## Kleine Hilfe C

„Coevolution [von \*co –, latein. evolutus = entwickelt], Koevolution, in der Stammesgeschichte die wechselseitige Anpassung interagierender Partner (Arten; Art) zur Sicherung und Vervollkommnung ihrer Existenz und Fortpflanzung [...]. Koevolution beinhaltet reziprokes evolutionäres Sichändern bei Arteninteraktionen. Dabei üben beide Arten aufeinander Selektion aus. Der Begriff kann einerseits sehr weit gefasst werden, geht dann allerdings in den Begriff Evolution schlechthin über. Daher wird der Begriff Koevolution, um ihm einen spezifischen Sinn zu geben und von allgemeinen Interaktionen zu trennen, auf Artenpaare beschränkt. Das Phänomen ist schwer zu fassen, da es alle Übergänge von enger Zwei-Arten-Koevolution über erweiterte Zwei-Arten-Koevolution bis zu Viel-Arten-Koevolution gibt. Letzterer Fall wird als diffuse Koevolution oder Netzwerk-Koevolution bezeichnet. Wenn eine Art nur einen einseitigen Selektionsdruck auf eine andere Art ausübt, handelt es sich streng genommen nicht um Koevolution, sondern um einseitige Anpassung. [...]. Auch die gegenseitige Anpassung von Parasit und seinem Wirt kann als Koevolution betrachtet werden. Das Ergebnis Koevolvierender Arten sind Koadaptionen. Wenn es dabei zu Artbildungen kommt, spricht man von Kospeziation. [...]

Literatur: Chaloner, W.G., et al. (1992). The evolutionary interaction of animals and plants. Cambridge.

Futuyma, D.J., Slatkin, M. (Hg., 1983): Coevolution. Sunderland.

Gilbert, L.E., Raven, P.H. (1976). Coevolution of animals and plants. Austin – London.

Howe, H.F., Westley, L.C. (1993). Anpassung und Ausbeutung. Wechselbeziehung zwischen Pflanzen und Tieren. Heidelberg.

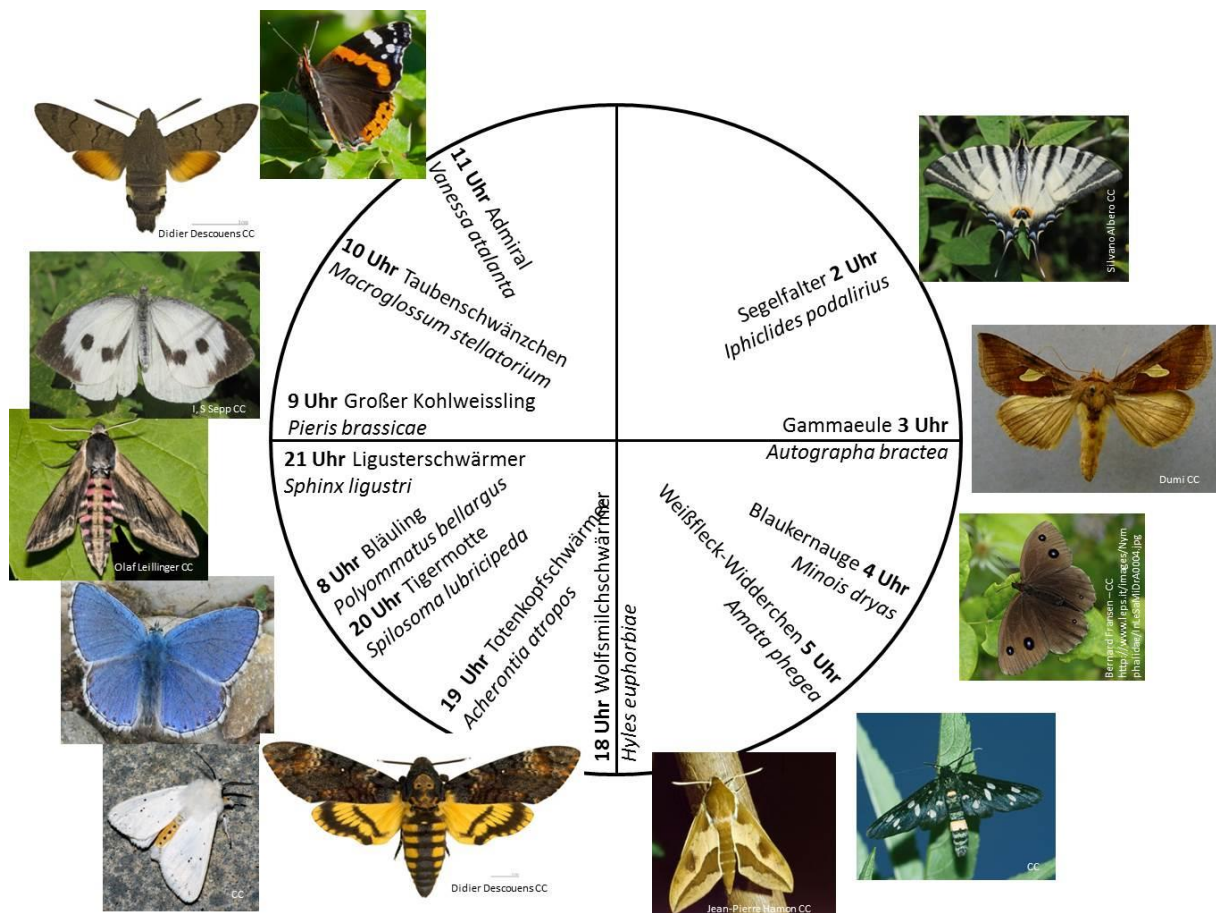
Zwölfer, H., u. a.(1978). Co-Evolution. Hamburg – Berlin.“

Aus: Lexikon der Biologie (1999). Spektrum der Wissenschaft

## Große Hilfe C

„Warum gibt es so viele Blüten-Pflanzen, deren Blüten sich jeden Tag oder einmal zu einer bestimmten Tageszeit öffnen und schließen? Das hat mit Insekten zu tun, die den Blütenstaub sammeln und damit die Blüten von Pflanzen dergleichen Art bestäuben [...] Die Blüten haben sich im Laufe der Entwicklung des Lebens auf der Erde (Evolution) an bestimmte Insekten-Gruppen angepasst, von denen sie bestäubt werden. [...] Parallel dazu haben sich auch die Insekten an die Blüten angepasst. Für sie ist es wichtig, die blühenden Pflanzen zu finden, sich an gute Nektar- und Pollen-Spender zu erinnern und auch die Zeit zu behalten, zu denen die Nahrung von den Pflanzen angeboten wird.“

Aus: Engelmann & Antkowiak (2016)



Falteruhr – Aktivitätszeiten von Tag- und Nachtfaltern, adaptiert nach Engelmann & Antkowiak (2016)

## Hilfe D

„Unter Phototropismus verstehen wir eine zur Richtung der Strahlen orientierte Krümmung oder sonstige Lageveränderung der Organe ortsgebundener Pflanzen. In der Regel krümmen sich die Sprossachsen zur Lichtquelle hin, also positiv. [...] Phototropische Krümmungen kommen in der Regel durch ungleiches Flankenwachstum zustande, doch sind in einigen Fällen auch Turgorreaktionen beteiligt.“

Aus: Nultsch (2001)

„A field of domesticated sunflowers (*Helianthus annuus*) fully in bloom is a striking sight. The large and showy flowering heads face east, positioned toward the rising Sun. Before floral development, however, elongating vegetative stems move their apices steadily from facing east in the morning to facing west in the afternoon, following the Sun—a process known as solar tracking or heliotropism. During the night, the shoots reorient their apices to face east again at sunrise (see the figure). As flower development is initiated, solar tracking diminishes and finally ceases, with the developing flowering heads at rest and facing east. [...] Atamian *et al.* provide mechanistic insights into this tracking phenomenon and postulate an evolutionary link to pollination.“

Aus: Briggs (2016)

“Young sunflower plants track the Sun from east to west during the day and then reorient during the night to face east in anticipation of dawn. In contrast, mature plants cease movement with their flower heads facing east. We show that circadian regulation of directional growth pathways accounts for both phenomena and leads to increased vegetative biomass and enhanced pollinator visits to flowers. Solar tracking movements are driven by antiphasic patterns of elongation on the east and west sides of the stem. Genes implicated in control of phototropic growth, but not clock genes, are differentially expressed on the opposite sides of solar tracking stems. Thus, interactions between environmental response pathways and the internal circadian oscillator coordinate physiological processes with predictable changes in the environment to influence growth and reproduction.”

Aus: Atamian et al. (2016)



## Hilfe Puffer

Experiment und Erklärung aus: Engelman & Antkowiak (2016)



„Beim Enziangewächs *Exacum affine*, dem blauen Lieschen, sind die blauen Blüten dauernd geöffnet, aber die Intensität des Duftes schwankt tagesperiodisch. Sie ist mittags am stärksten, abends, in der Nacht und morgens gering.

Duftet sie stark, wird in der Tabelle bei der Beobachtungszeit eine 3 eingetragen, bei schwächerem Duft eine 2, bei sehr schwachem Duft eine 1. Wenn sie nicht duftet, tragen wir eine 0 ein. Die Werte können wir in ein Diagramm eintragen.

Es könnte jedoch auch sein, dass die Blüten immer gleich duften, unsere Nase aber zu den verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich empfindlich ist. Um das zu prüfen, kann man zB Spiritus in ein kleines Fläschchen (Nummer 1) gießen und davon Verdünnungen machen. Spiritus ist vergällter Alkohol und riecht nach Pyridin. Wenn wir die Hälfte der Lösung von Fläschchen Nummer 1 in Fläschchen Nummer 2 gießen und die gleiche Menge Wasser zufügen, haben wir nur noch die Hälfte der Konzentration. Dann nehmen wir die Hälfte der Lösung von Fläschchen Nummer 2, gießen es in Fläschchen Nummer 3 und fügen wieder gleichviel Wasser dazu. Dieses Fläschchen hat dann nur noch 1/4 der Ausgangskonzentration 1. So können wir uns eine Verdünnungs-Reihe herstellen. Die schwächste Konzentration sollte so stark verdünnt sein, dass man sie nicht mehr riechen kann. Nun können wir zu verschiedenen Tageszeiten daran riechen, bevor wir die Blüte testen. Bei welcher Flasche können wir keinen Duft mehr feststellen? Diesen Wert tragen wir in die letzte Spalte der Tabelle ein. Der Schwellen-Wert (geringste noch wahrnehmbare Konzentration, z.B. bei Fläschchen Nummer 8) sollte konstant sein, wenn die Nase immer gleich empfindlich ist.“ (Engelman & Antkowiak, 2010)

Uhrzeit	Intensität Enzianduft	Wahrnehmbare Verdünnung

