

Genetische Mechanismen der pflanzlichen Zeitmessung: Die „miR-Uhr“

Autor: Daniel Gottsleben

Methodisch-didaktische Hinweise	I
Material	9
M 1: Blütenbildung zur richtigen Zeit durch alternatives Spleißen	9
M 2: Die innere miR156-Uhr bei der Gänsekresse (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	11
M 3: Kältephase als Orientierung im Jahresverlauf und das richtige Alter	13
M 4: Leistungskontrolle: Vom Gen zur Blüte	15
Lösungsvorschläge	18
Literatur	23

Kompetenzprofil

- Niveau: weiterführend, vertiefend
 - Fachlicher Bezug: Genetik: Genregulation (Mikro-RNA, alternatives Spleißen, regulatorische Proteine), PBS, Mutante, Wildtyp; Ökologie: Biodiversität, Klima, Blütenbiologie, Energie und Stoffwechsel
 - Methode: Leistungskontrolle, Einzel- und Partnerarbeit, kumulatives Lernen, kooperatives Lernen, binnendifferenziertes Arbeiten
 - Basiskonzepte: Steuerung und Regelung, Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung
 - Erkenntnismethoden: Material und Diagramme beschreiben und auswerten, Zusammenhänge erklären, Schaubild erstellen, themenübergreifend denken
 - Kommunikation: Fachsprache verwenden, bewerten und vergleichen
 - Reflexion: Ergebnisse deuten, Erkenntnisse vernetzen und kritisch bewerten
 - Inhalt in Stichworten: Proteinbiosynthese, alternatives Spleißen, Genregulation durch Mikro-RNA, genetisch manipulierte Pflanzen zur Ertragssteigerung, Mutante und Wildtyp, biologische Zeitmessung, Bedeutung der pflanzlichen Blüte, Klima und Zucker als Energiequelle
-

Genetische Mechanismen der pflanzlichen Zeitmessung: Die „miR-Uhr“

Methodisch-didaktische Hinweise

Wie und warum misst eine Pflanze die Zeit? Die Neugier auf pflanzliche Themen ist oftmals eher gering. Dieses Thema bietet jedoch interessante Einblicke in pflanzliche genregulatorische Prozesse und die Möglichkeit, diese zugunsten menschlicher Vorhaben zu beeinflussen. Die Schülerinnen und Schüler (SuS) können sich dabei nicht nur im Anwenden ihrer genetischen Kenntnisse und ihrer Diagrammkompetenz üben, sondern bekommen durch das Einbetten in verschiedene thematische Kontexte Chancen für wertvolle kumulative Lernprozesse eröffnet. Dabei kann das Thema ausschließlich mit genetischem Bezug oder themenübergreifend mit ökologischen Aspekten behandelt werden. Im Mittelpunkt steht die Erkenntnis für die Zeitmessung im Jahresverlauf von Pflanzen bzw. Nutzpflanzen anhand molekularbiologischer (genetischer) Prozesse durch Arbeit mit Text, Abbildungen und Diagrammen. Die Bedeutung des Klimas und der Blütenbildung wird dabei in Bezug zur Biodiversität und der Bedeutung der Pflanzen als Nahrungsquelle für Tier und Mensch gesetzt.

Beginnend mit dem Bild einer Blüte wird der Unterricht mit der Aussage eröffnet „Jede Zelle hat die gleichen Gene, doch nur aus manchen entwickelt sich nach dem Winter eine Blüte“. Diese Aussage soll im Plenum begründet werden, um Vorwissen über die Genetik und Pflanzen zu aktivieren und zu kommunizieren. Mit entsprechenden Lehrerimpulsen in diesem Gespräch zum Blühen nach dem Winter wird zum **Material 1** übergeleitet. Dieses kann je nach Lerngruppe einzeln oder in Partnerarbeit bearbeitet werden, dabei sind die genetischen Aufgaben als obligatorische Aufgaben und die themenübergreifenden als fakultative Aufgaben gedacht, um in dieser Arbeitsphase ein binnendifferenziertes Arbeiten zu ermöglichen. Für die letzte Aufgabe des Materials sind in diesem Zusammenhang Kleingruppen zu empfehlen. Abschließend sollte Bezug zum Anfangsgespräch genommen werden, um ggf. noch offene Fragen zu klären und diesen Abschnitt mit dem Schwerpunkt auf

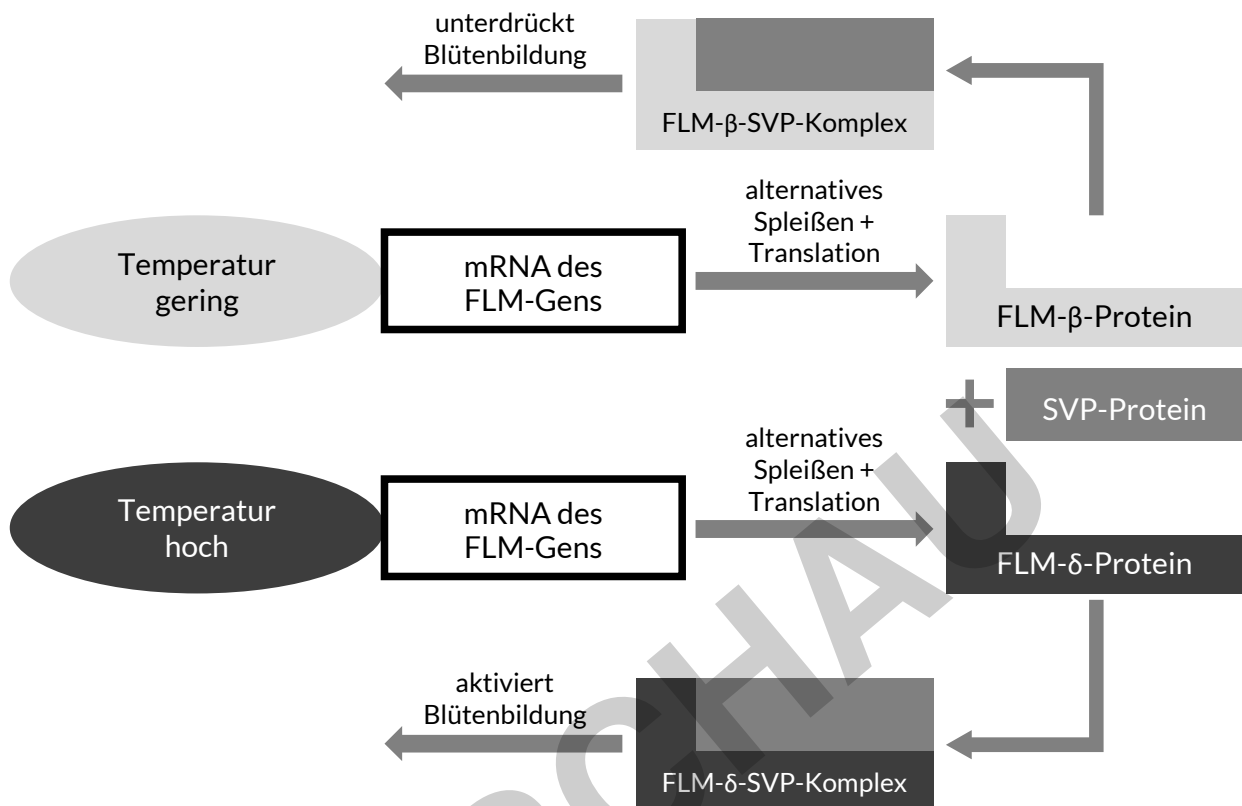


Abb.: Temperaturbestimmtes alternatives Spleißen beim Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*)

Manipulierte Zeitmessung als klimatische Anpassung

Die einzige Konstante in der Evolution ist die Veränderung. Diese allgemeingültige Aussage impliziert, dass eine sich (über längere Zeiträume) ständig wandelnde Umwelt Anpassungen zur Fitnessmaximierung erfordert. Klimaveränderungen hatten bereits in der Vergangenheit Auswirkungen verschiedenster Art und werden dies auch perspektivisch haben. Die globale Erwärmung äußerte sich in Deutschland im Zeitraum 1881–2013 mit einer statistisch gesicherten Temperaturerhöhung von 1,2 °C (Lufttemperatur) des Jahresmittels. Die bodennahen Temperaturen stiegen in Deutschland im 20. Jahrhundert um ca. 1 °C und global betrachtet um 0,7 °C mit dem Trend weitersteigend (SCHÖNWIESE & JANOSCHITZ 2008). Nicht nur der konstante Temperaturanstieg des Jahresmittels der Temperaturen, sondern auch der Veränderungen der Jahreszeiten an sich, z. B. heißere Sommertage,

M 2 Die innere miR156-Uhr bei der Gänsekresse (*Arabidopsis thaliana*)

Neben der aus der Proteinbiosynthese bereits bekannten mRNA und tRNA gibt es noch die Mikro-RNA (miRNA), welche wichtige genregulatorische Funktionen hat. Mikro-RNA reguliert u. a. das Vorhandensein von Transkriptionsfaktoren in der Zelle. Transkriptionsfaktoren sind Moleküle, welche mit der RNA-Polymerase in Wechselwirkung stehen und dabei die Transkription des Gens bzw. des DNA-Abschnittes fördern oder hemmen.

Mikro-RNA-Moleküle beeinflussen somit, ob aus einem Gen ein Genprodukt bzw. Protein entsteht und in welcher Menge. Die Abbildung 1 zeigt dies exemplarisch anhand einer Mikro-RNA, welche die Konzentration eines hemmenden Transkriptionsfaktors (hTF) beeinflusst. Wirkt das Vorhandensein dieser miRNA (in ausreichender Molekülmenge) im gesamten genregulatorischen Geschehen negativ (-), sinkt die Konzentration des hTF, wodurch sich die Transkriptionsrate erhöht und umgekehrt.

Man fand bei verschiedenen Pflanzen heraus, dass es mithilfe spezieller Mikro-RNAs den Pflanzen ermöglicht wird, eine Art Zeitmessung für ihr Alter zu machen. Das richtige Alter und somit der ideale Blühzeitpunkt sind von großer Bedeutung. Eine zu frühe oder zu späte Blüte wäre zum einen aus energetischer Sicht eine Fehlinvestition und zum anderen könnte im Falle einer dadurch bedingten ausbleibenden Bestäubung und Befruchtung die Bildung von Samen nicht erfolgen, sodass es zu keiner Verbreitung und Vermehrung der Pflanze kommt. Besonders junge Pflanzen müssen mit ihrer Energie haushalten, da diese noch keine großen Energiereserven haben und eine zu frühe Investition in eine Blüte fatal sein könnte.

In einem Experiment züchtete man Jungpflanzen der Gänsekresse und ließ diese nach einer für das Blühen essenziellen Kältephase (Wintersimulation) unter optimalen Verhältnissen 8 Wochen lang wachsen. Untersucht wurde die

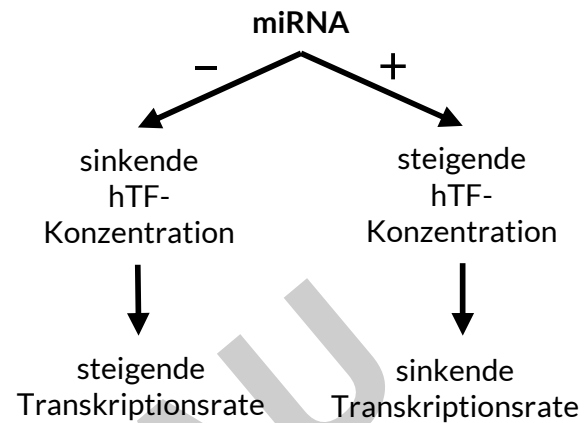
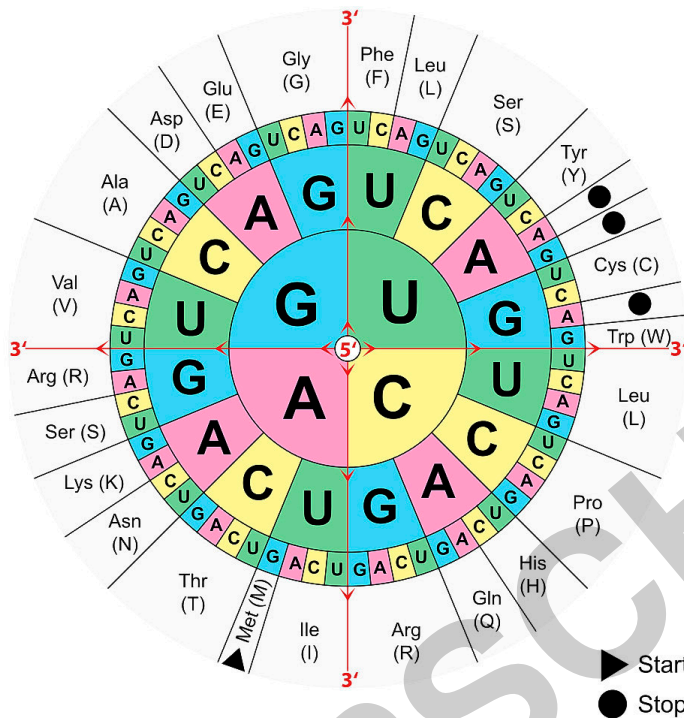


Abb. 1: Transkriptionsregulation durch den Einfluss von miRNA

Ausschnitt aus dem *eam8*-Gen:

Wildtyp: 5'... TCT GAT AAG CAA ... 3'

Mutante: 5'... TCT GAT AAG TAA ... 3'



Wikimedia/gemeinfrei gestellt

M 4b Genetischer Mechanismus der Blütenbildung

Die Bildung einer Blüte ist energieaufwendig ein sehr komplexes genregulatorisches Geschehen, damit zur richtigen Zeit im Jahr bzw. unter den optimalen klimatischen Bedingungen geblüht wird, um im weiteren Verlauf nach erfolgreicher Bestäubung die Samen und Früchte herstellen zu können. Nicht jedes für die Blütenbildung bedeutsame Gen codiert für ein Protein, welches unmittelbar zur phänotypischen Blütenpracht beiträgt. Manche Gene codieren dabei für regulatorische Elemente, wie z. B. Transkriptionsfaktoren, die wiederum die Proteinbiosynthese anderer Gene bzw. deren Genexpression, also die Herstellung des Genproduktes, positiv (fördernd) oder negativ (hemmend) beeinflussen. Das sogenannte *eam8*-Gen bzw. dessen Genprodukt (vergleiche Material 4a) hat eine solche regulatorische Wirkung auf die Blütenbildung, bei welcher das *HvFT1*-Gen eine zentrale Rolle spielt. Ist *HvFT1* genetisch aktiv, wird die Blütenbildung gefördert.

M 4c Lang- und Kurztagpflanzen

Viele auf eine Pflanze einwirkende äußere Faktoren, wie z. B. Licht oder Temperatur, beeinflussen die Pflanze in ihrer Entwicklung. Man unterscheidet zwischen Langtagpflanzen und Kurztagpflanzen, je nach Tageslängenabhängigkeit (Hell-Dunkel-Phasen). Die ursprüngliche Form der Sommergeste ist eine Langtagpflanze, was bedeutet, dass Tage mit langer Helligkeit für eine optimale Entwicklung und Blütenbildung erforderlich sind. Unter Kurztagbedingungen mit weniger als 10 Stunden Licht pro Tag kommt es gar nicht oder nur sehr verzögert zur Blütenbildung. Die bez. des *eam8*-Gens mutierte Form der Sommergeste hingegen blühte auch unter Kurztagbedingungen, sodass man diese als tagneutral bezeichnet. Auf der Grundlage dieser Beobachtung maßen die Wissenschaftler(innen) die Genexpression des die Blütenbildung fördernden *HvFT1*-Gens bei der Mutante unter Kurztagbedingungen (siehe Abbildung 5).

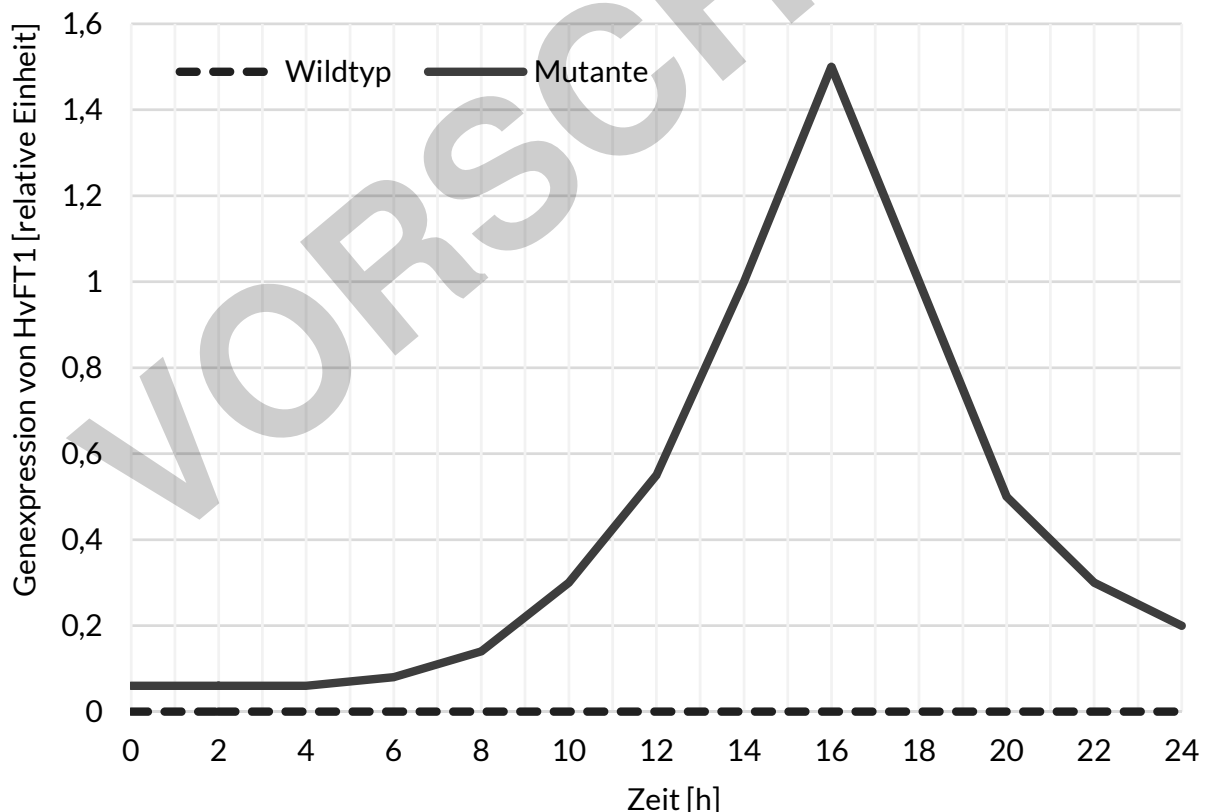


Abb. 5: Genexpression von *HvFT1* bei 8 h Hell- und 16 h Dunkelphase (24-h-Zyklus)