

Abbildung 107 v a- Blattknospe und -b- Blatt- und Blütenknospe, jeweils umhüllt von Knospenschuppen (BAAB G., HANKE M.V. STEHR R. 2014)

7.4 Der Verlauf der Blütenknospenbildung

Die Meristeme, also die Zonen aktiver Zellteilung innerhalb einer Knospe, durchlaufen dabei mehrere Phasen, bis sich eine Blütenknospe herausgebildet hat. Diese vier grundlegenden Phasen sind: **Blühinduktion – Blüteninitiation- Blütendifferenzierung – Blüte**

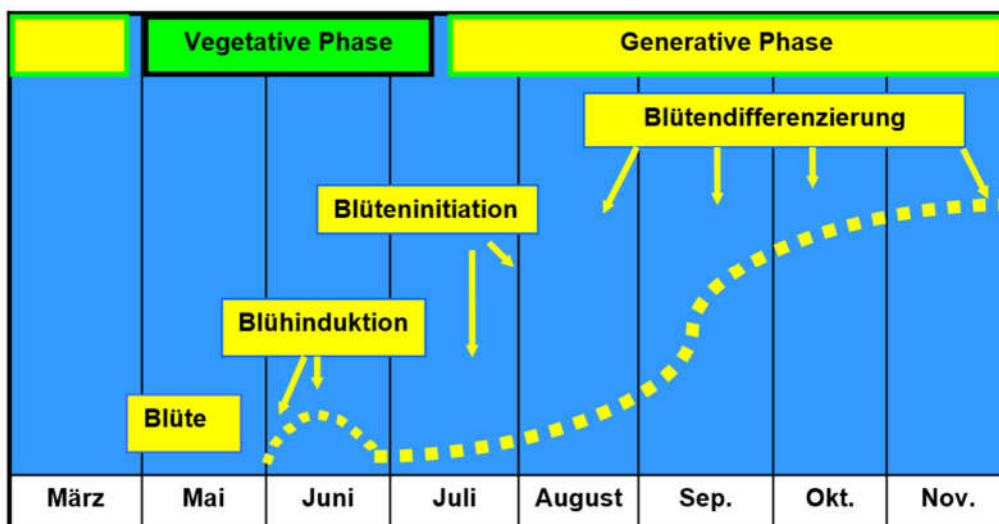


Abbildung 108 Die Entwicklungsstadien der Apfelblüte (ZELLER, O. 1960)

Dabei stellt der erste Entwicklungsabschnitt vom Austrieb im Frühjahr bis zur Blüteninitiation Mitte Juli die vegetative Entwicklungsphase und der zweite Abschnitt von der Blüteninitiation bis zum Blühbeginn im darauffolgenden Jahr den generativen Entwicklungsabschnitt dar.

7.4.1 Die Blühinduktion

Circa **39–53 Tage nach der Vollblüte** (= Mitte bis Ende Juni) setzt an den dann schon entwickelten Kurztrieben die erste Stufe der Blütenbildung, die sogenannte **Blühinduktion**, ein. Die in den Vegetationspunkten befindlichen Blatt/Blütenanlagen müssen dafür zunächst einige Entwicklungsstufen durchlaufen, in denen sie „umgeschaltet“ werden. Für die Transformation zu Blütenanlagen ist ein bestimmtes Milieu an Phytohormonen, Kohlenhydraten und Nährelementen in den Vegetationspunkten verantwortlich. Erforderlich sind vor allem hohe Mengen an Polyaminen (= hochmolekulare N-haltige Verbindungen) an Cytokinin und Ethylen. Gibberelline sollten hingegen nur in sehr geringen Konzentrationen vorhanden sein. Sie behindern die Blühinduktion. Auxine können je nach mengenmäßiger Präsenz beides, d.h. hemmen oder fördern. Die Rolle der Abscisinsäure ist in diesem Zusammenhang noch nicht vollständig geklärt. Nach Beendigung der Blüteninduktion ist noch nicht endgültig sichergestellt, dass das Meristem generativ bleibt. Der Prozess ist also immer noch umkehrbar. Ein kräftiger Wachstumsimpuls, bedingt durch z.B. hohe N-Gaben kann diesen Vorgang wieder beenden; das Meristem wird dann wieder ausschließlich Blattanlagen hervorbringen. Ist also eine Förderung der Blütenbildung erwünscht, dann müssen zu diesem Zeitpunkt solche negativen Einflüsse unter Kontrolle sein.

Wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Blühinduktion sind daher:

- Eine deutlich nachlassende Gibberellinproduktion
 - ✓ Kein Überbehang an Früchten
 - ✓ Allmähliche Wuchsberuhigung, beginnender Triebabschluss
- Anwesenheit von ausreichend Ethylen und Cytokinin
- Ausreichende Versorgung mit Polyaminen
- Ausreichende Kohlehydratversorgung
 - ✓ 15-20 gut ernährte Blätter/Frucht
 - ✓ Ausreichend Licht (von Blüte bis 3-7 Wochen danach)
 - ✓ Mittlere Temperatur (16°C -max. 22°C)
- Expression des FT- Gens; Herabregulierung des TFL1- Gens

Zur Unterstützung der Blühinduktion eignen sich

- Maßnahmen zur Wuchs- und Ertragsregulierung
- Maßnahmen zu Schaffung und zum Erhalt eines gesunden und vitalen Blattstands inklusive einer ausreichend hohen (aber keinesfalls überzogenen) N-Versorgung
- Blattapplikationen mit Ethephon- und Cytokinin-haltigen Wachstumsregulatoren und
- das Weglassen bzw. der verhaltene Einsatz Gibberellin-haltiger Wachstumsregulatoren.

SAURE hat den Prozess der Blühinduktion in drei Phasen aufgeteilt:

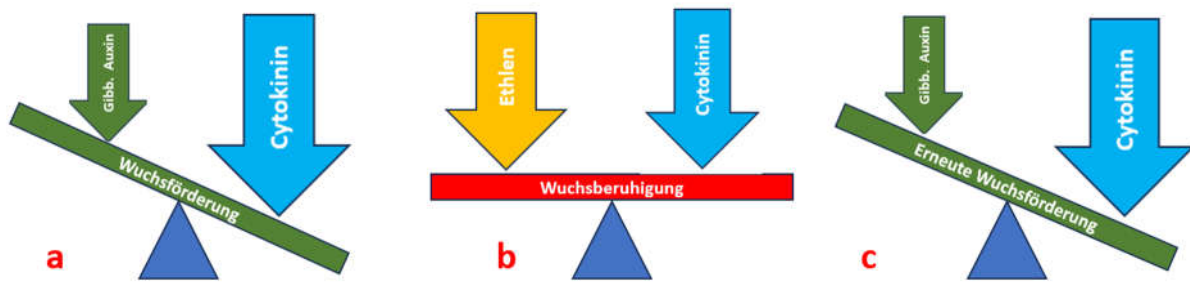


Abbildung 109 Die 3 Phasen der Umschaltung der Gen-Aktivität bei der Blüteninduktion: a: anfängliche Förderung der Meristeme b: zwischenzeitliche Hemmung der Meristeme c: erneute Förderung der Meristem (nach SAURE 1981).

In den Meristemen der Terminalknospen oder der Blattachselknospen muss dabei zunächst eine Förderung der Entwicklung stattfinden (Cytokinin aus der Wurzel). Nur dann können sich anschließend die Meristeme weiter entwickeln (a).

Dann kommt die entscheidende Entwicklungsstufe b: Durch die Selbstregulierung der Wachstumsvorgänge im Baum kommt es zu einem vorübergehenden Wachstums-Stillstand, weil die Wurzel durch zu viel Auxin aus den oberirdischen Meristemen „abgeregelt“ wird. Auf diese Weise wird auch das Sprosswachstum und damit die Auxinproduktion heruntergefahren, was einen unmittelbaren Anstieg der Ethylenbildung in den Vegetationspunkten zur Folge hat. Wenn dort gleichzeitig genügend Polyamine und Kohlehydrate vorhanden sind, setzt eine Veränderung der Gen-Aktivität in den Meristemen ein, so dass diese bei der dann erneuten Periode der Wuchsförderung (Phase c: einsetzende Wurzelaktivität) anstelle neuer Blätter nunmehr Blütenanlagen ausbilden.

Dieser Vorgang ist zunächst nicht sichtbar, wird aber in der weiteren Entwicklung auch makroskopisch in den jungen Knospenanlagen erkennbar.

Störungen in diesen Phasen führen dazu, dass **keine Blütenanlagen** ausgebildet werden.

Im Entwicklungsabschnitt a können beispielsweise an altem, schlecht belichtetem Quirlholz im Bauminneren Probleme auftreten.

In Phase b ist bei zu starkem Wachstum oder zu hohem Fruchtansatz mit Behinderungen zu rechnen

In der letzten Entwicklungsperiode c kann eine mangelhafte Versorgung der Meristeme mit Stickstoff (Polyamine), Wasser oder Kohlenhydraten (Hagelschäden) zu Beeinträchtigungen führen.

7.4.2 Blüteninitiation

Rund 12 Wochen nach der Blüte (Ende Juli) sind die Blütenanlagen schon weiterentwickelt und werden bereits sichtbar im Vegetationspunkt. Dieser Prozess wird als **Blüteninitiation** bezeichnet. Er charakterisiert den **irreversiblen, nicht mehr umkehrbaren Übergang** des vegetativen Meristems in eine Blütenknospe. Auch ungünstige Einflüsse können diesen Vorgang nun nicht mehr beenden.

Der Prozess der Blüteninitiation beginnt immer an Terminalknospen und dann an erst an den Lateralknospen, d.h. immer zuerst an abgeschlossenen Trieben, also an Kurztrieben, und erst später an Langtrieben.

Da nun immer neue Triebe und Knospen mit ihrer Blütenentwicklung beginnen (Terminalknospen und Seitenknospen), gibt es keinen einheitlichen Termin für die Blüteninitiation des gesamten Baumes. In der Regel werden **innerhalb von drei bis vier Wochen** die meisten Blütenknospen angelegt (Hauptinitiationsphase). Die Blütenanlagen, die zuerst angelegt werden, können sich naturgemäß am besten entwickeln, weil ihnen die meiste Zeit während der Vegetationsperiode zur Verfügung steht. Je weniger konkurrierende Kohlenhydratsenken wie etwa Früchte sich in ihrer Nähe befinden, desto besser wird die Blütenanlage ernährt.

Seitenknospen können allerdings bis in den Herbst hinein ihre Blütenknospendifferenzierung einleiten, weil ja die Langtriebe zunächst einmal heranwachsen müssen. Dabei wird die Qualität dieser Blütenanlagen nicht mit den Knospen mithalten können, die weitaus früher angelegt wurden.

All dies erklärt, warum bei den Obstbauern die Blütenknospen an einjährigen Langtrieben so wenig beliebt sind. Deren Früchte sind häufig kleiner und weisen weniger Kerne auf, weil sich die Blütenanlagen im Jahr zuvor erst spät und oft unvollständig entwickelt haben.

Voraussetzung für die Blüteninitiation sind:

- Das Wachstum von Spross und Wurzel sollte Ende Juli weitgehend zum Stillstand kommen
- Eine ausreichende Kohlehydratversorgung der jungen Meristeme sollte sichergestellt sein
 - ✓ Ausreichend Licht, Temperatur und Wasser für Photosynthese
 - ✓ 20-30 gesunde, gut ernährte Blätter/Frucht

7.4.3 Blütendifferenzierung

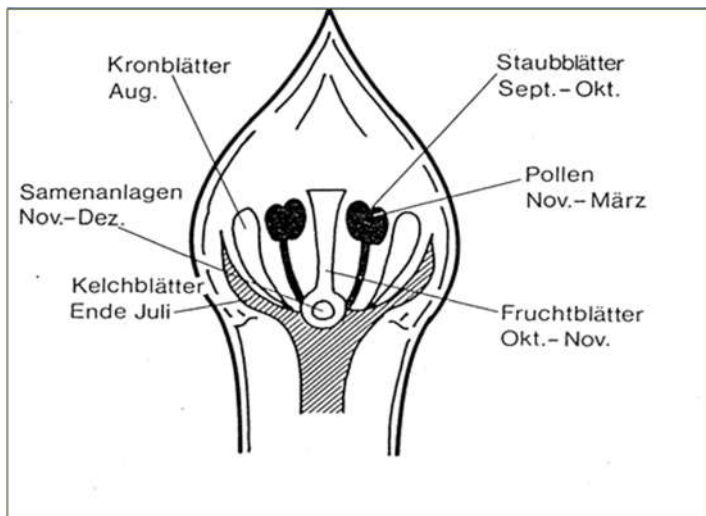


Abbildung 110 Verlauf der Differenzierung in der Blütenknospe (ZELLER 1958)

Im Anschluss an die Blüteninitiation erfolgt die Differenzierung der Blütenorgane, d.h. die morphologische **Entwicklung der Kelch-, Kron-, Staub- und Fruchtblätter**, und zwar in dieser Reihenfolge:

- Die Kelch- und Kronblätter werden im Juli – August gebildet.
- Im September wölbt sich der Blütenbecher ein und die Staubblätter beginnen sich zu differenzieren.
- Ab Oktober entstehen die Fruchtblätter.

- **Die Blütenorgane werden bis zum Blattfall im Herbst nahezu vollständig ausgebildet.** Bis dahin nimmt die Knospe deutlich an Größe und Gewicht zu. Im Winter hingegen stagniert die Entwicklung.

Auch hier entscheiden die gleichen Rahmenbedingungen wie bei der Blüteninitiation über die Qualität der späteren Blütenanlagen, vor allem die Möglichkeit einer ausreichend hohen Kohlenhydratversorgung:

- Genügend Licht, Temperatur und Wasser für Photosynthese
- 20-30 gesunde, gut ernährte Blätter/Frucht
- optimaler Erntetermin
- kein vorzeitiger Blattfall (Reserven)

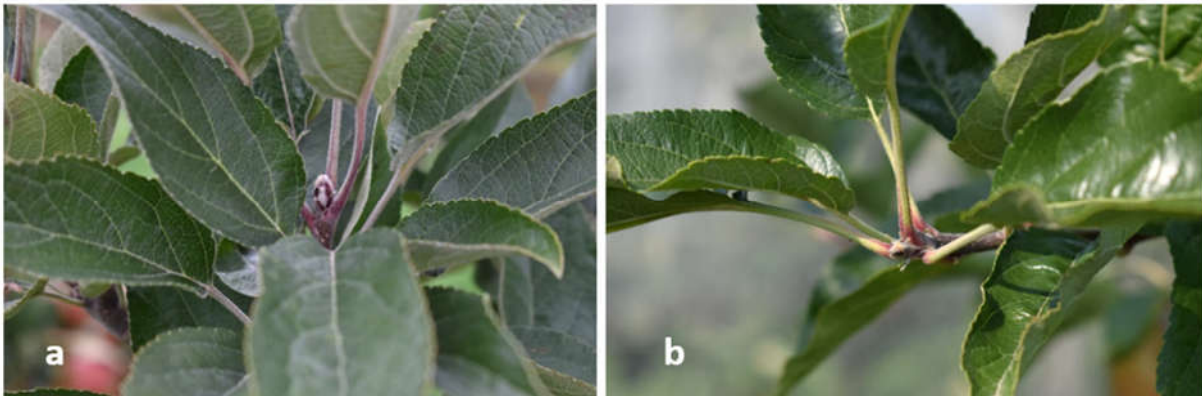


Abbildung 111 Ausdifferenzierte terminale Blütenknospen -a- an Fräulein® und -b- an Magic Star®

Ab Juli/August gehen die Knospen bereits in die Sommerruhe, gleich danach in die Winterruhe und treiben dann, nachdem die erforderliche Kälte- und Wärmesumme auf sie eingewirkt hat, im darauffolgenden Frühjahr wieder aus.

7.4.4 Blüte

Unmittelbar vor Knospenaufbruch werden die weiblichen und männlichen Geschlechtszellen in der Samenanlage ausdifferenziert. Die generative Phase der Blütenentwicklung ist mit der Blüte abgeschlossen.

Zu Beginn des Wachstums im Frühjahr treiben bei den Kurz- und Langtrieben zuerst die Terminalknospen aus.

Soweit es sich dabei um Blütenknospen handelt, öffnen sich zuerst die Blüten am mehrjährigen Holz. Sie befinden sich an den Terminalen von Fruchtspiessen und Kurztrieben.

Die Blüten am einjährigen Holz sind lateral angelegt und öffnen sich erst 5 bis 10 Tage später. Aus ihnen entstehen meist schlechtere Furchtqualitäten. Sie sind deshalb in der Hauptsache als Ertragsreserve nach Spätfrösten oder in Alternanzjahren von Relevanz. Ansonsten sind sie vornehmliches Zielobjekt von Ausdünnungsmaßnahmen. Die Ursachen für deren späteres Aufblühen liegen im Jahr zuvor: Die Blüteninitiation und -differenzierung am einjährigen Holz setzte später ein. Deshalb weisen sie im Frühjahr einen dementsprechenden Entwicklungsrückstand auf.

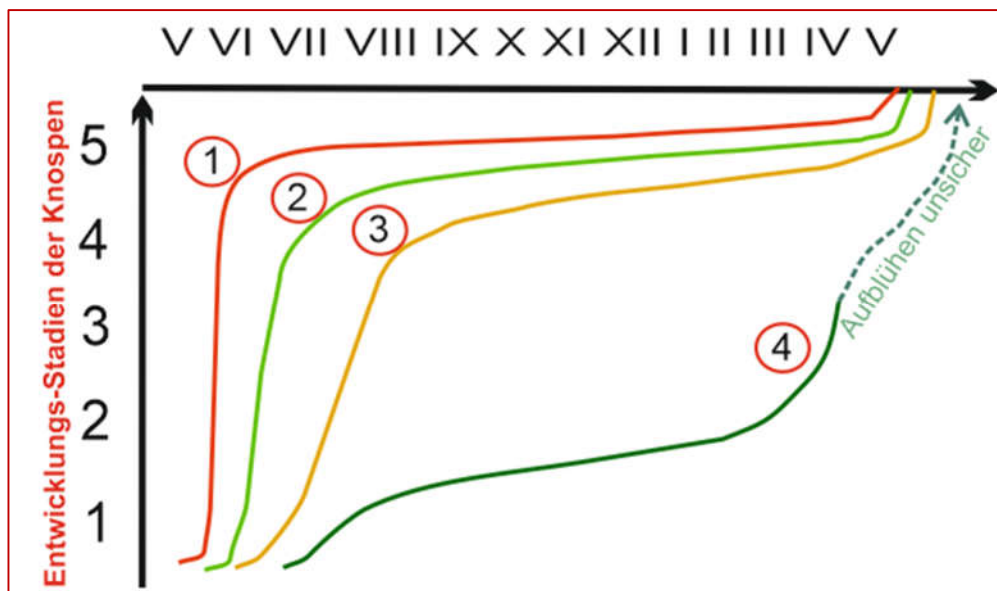


Abbildung 112 Unterschiedliche Entwicklung von Blütenknospen im Jahreslauf

In der Abbildung ist die **Aufblühfolge** an verschiedenen Fruchtholzkatgorien skizziert:

- Mehrjähriges Holz
 1. Terminale Blütenknospe an Fruchtspiessen oder Kurztrieben
 2. Terminale Blütenknospe an kurzem Langtrieb
- Einjähriges Holz
 3. Laterale Blüte an Langtrieb
 4. Laterale Blüte an Langtrieb in Bauminnern

Die Blütenknospen an den Kurztrieben -1- und -2- konnten sich über einen langen Zeitraum im Jahr entwickeln, sind kräftig und blühen zuerst auf. Knospen -3- und -4- sind weniger gut

entwickelt und blühen später (-3-) oder ggf. gar nicht (-4-), es sei denn, Knospen -1- bis -3- sind z.B. durch Blütenfrost verloren.



Abbildung 113 Struktur (l) und Bild (r) eines Blütenstandes beim Apfel (Infloreszenz) mit schlafenden Augen und Übergangsblättern (=gemischte Knospe)

An den einzelnen Blütenständen (Infloreszenzen) öffnen sich zuerst die Zentralblüten (=Königsblüten) und anschließend nacheinander die Lateralblüten.

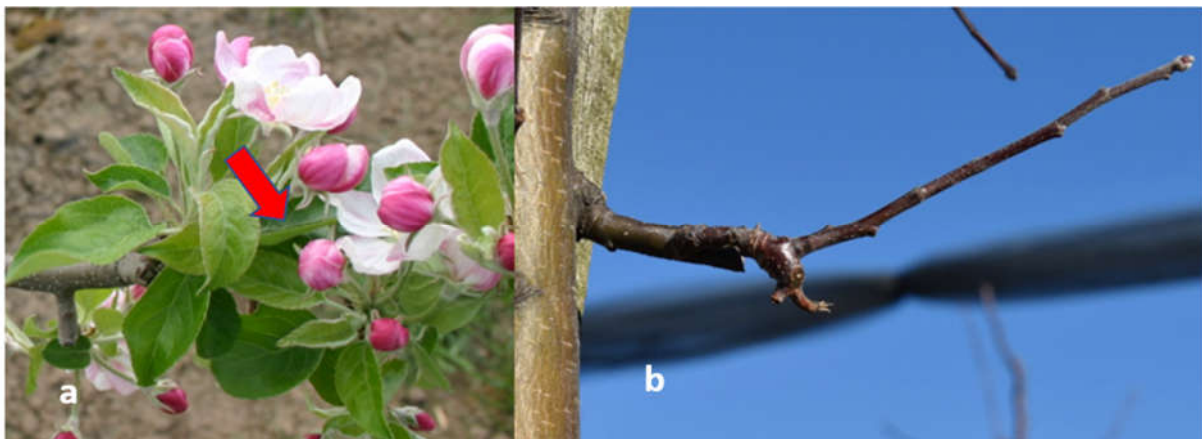


Abbildung 114 a. Blütenstand mit Blütenblättern und Neuaustrieb aus schlafendem Auge (roter Pfeil); b. Neuaustrieb 6 Monate später

Aus dem Blütenstand erfolgt weiterhin ein Austrieb aus 1-2 Achselknospen (schlafende Augen), die später als Austriebe aus dem Fruchtkuchen in Erscheinung treten (Abbildung).

An lateralen Blattknospen der (einjährigen) Langtriebe entwickeln sich im Verlauf der Vegetation Fruchtspieße und Kurztriebe, deren Endknospen im darauffolgenden Jahr blühen und tragen.

Das **Fruchtwachstum** beginnt nicht erst zum Zeitpunkt der Blüte. Vielmehr nahm es bereits im Vorjahr mit der Blütendifferenzierung seinen Anfang und zwar in Form von Zellteilungen des zukünftigen Blütenbodens. Bei Blütenanlagen, die früh initiiert und ausdifferenziert wurden, liegen im Herbst bereits 100.000 fertige Zellen der zukünftigen Frucht vor und zur Blüte sind es bereits 200.000. Das bedeutet nichts anderes, als dass bereits im Jahr zuvor über den Fruchtertrag wie auch über die Fruchtqualität entschieden wurde. Dies geschah in direkter Abhängigkeit von den Kulturmaßnahmen, die im Jahr zuvor stattfanden.

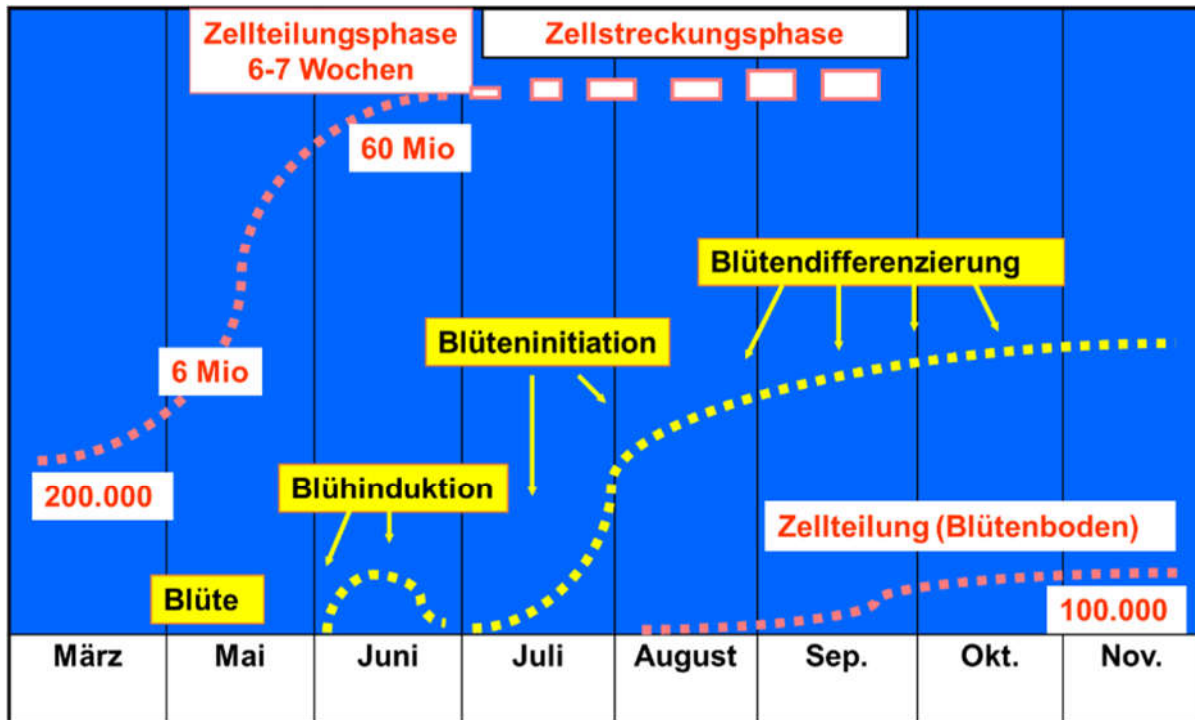


Abbildung 115 Parallel verlaufende Entwicklungsschritte von Blüten und Früchten (BAAB G., HANKE M.V. STEHR R. 2014)

Die Jungfrüchte starten mit einer Ausstattung von circa 6 Millionen Zellen in die Zellteilungsphase.

Die Zellteilungsphase erstreckt sich vom Stadium der **Vollblüte bis** zum Fruchtentwicklungsstadium **BBCH 74**, was bei Apfel dem T-Stadium der Früchte entspricht (Frucht steht aufrecht und Fruchunterseite und Stiel bilden ein T) oder „grob ausgedrückt“ dem sogenannten Walnussstadium. Bis dahin ist der Apfel botanisch betrachtet eher als Blatt und weniger als Frucht zu betrachten. Er besitzt noch immer intakte Spaltöffnungen, aus denen später die (verkorkten) Lentizellen entstehen. Die Versorgung mit Wasser und Nährelementen erfolgt in der Zellteilungsphase problemlos über die im Fruchstiel befindlichen Gefäße. Über das Phloem wird die Frucht mit Assimilaten und Nährelementen und auch mit Wasser beliefert. Die Periode der Zellteilung beträgt durchschnittlich 6 bis 7 Wochen. Sie kann aber auch, je nach Sorte und Jahr, bereits nach 5 Wochen abgeschlossen sein oder sich auch über 8 bis 9 Wochen hinziehen

Von BBCH 75 an gehen rund 60 Millionen Zellen in jeder Frucht in die sogenannte Zellstreckungsphase über. Die Gefäßzellen im Fruchstiel verholzen nun zunehmend und die Früchte sind hinsichtlich ihrer Versorgung mit Assimilaten, Wasser und Nährelementen fast ausschließlich auf das Phloem angewiesen.