

Übersicht

Bienen weisen den typischen Bauplan von Insekten auf.

- Körper ist unterteilt in Kopf, Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen)
- 6 Beine und 4 Flügel
- Außenskelett (Cuticula), das überwiegend aus Chitin besteht und stark behaart ist
- offenes Blutkreislaufsystem
- Blut: farblos und klar (ohne rote Blutkörperchen), Träger des Immunsystems, Transport von Nahrungsbestandteilen, Hormonen etc
- Malpighische Gefäße dienen der „Blutreinigung“
- Atmung über das Tracheensystem
- Nervensystem: Gehirn (Oberschlundganglion), Unterschlundganglion und bauchseitiges Strickleiter-Nervensystem
- Darmkanal: **(Kopf)** Rüssel – Schlund - Speiseröhre – **(Brust)** Speiseröhre - **(Hinterleib)** Speiseröhre - Honigblase – Ventiltrichter – Mitteldarm – Dünndarm – Kotblase
- Drüsen: Speicheldrüsen, Rektaldrüsen, sowie wesensspezifische Drüsen: Futtersaftdrüsen (Futtersaft und Enzyme), Geschlechtsdrüsen, Pheromondrüsen („Duftdrüsen“ wie z.B. Mandibel-, Nassanoff-, Tergittaschen-, Fußdrüsen)
- Entwicklung aus dem befruchteten Ei (Königin und Arbeiterin) bzw. dem unbefruchteten Ei (Drohn – Besonderheit!) über Embryo (Entwicklung im Ei) – Larve (Rund- und Streckmade) – Vorpuppe – Puppe zur erwachsenen Biene
- Besonderheit – weibliche Larven (Entwicklung aus dem befruchteten Ei), die nur Gelée royale (Weiselfuttersaft) bekommen und intensiver betreut werden, entwickeln sich zu Königinnen

| | Träger von | Hauptfunktionen |
|-------------------|--|---|
| Kopf | <ul style="list-style-type: none"> • Mundwerkzeugen • Antennen • Facettenaugen • Einzelaugen | <ul style="list-style-type: none"> > Nahrungsaufnahme, Werkzeug, Sinnesorgan (Tasten, Schmecken) > Sinnesorgan (Tasten, Riechen, Schmecken) > Sinnesorgan (Sehen inkl. Farbsehen) > Sinnesorgan (Helligkeitwahrnehmung) |
| Brust | <ul style="list-style-type: none"> • 3 Beinpaaren (6 Beine) • 2 Flügelpaaren (4 Flügel) | <ul style="list-style-type: none"> > Laufen, Werkzeug, Transportorgan, Sinnesorgan (Tasten, 1. Beinpaar Schmecken) > Fliegen, Fächeln |
| Hinterleib | <ul style="list-style-type: none"> • Verdauungsorgane • Fettkörper • Herz • Wachsdrüsen • Duftdrüsen • Stachelapparat • bei Drohn und Königin die Geschlechtsorgane | <ul style="list-style-type: none"> > Verdauung > Stoffumbau, -speicherung > durch 2 Öffnungen je Herzkammer (5 Kammern hat der Herzschlauch) Hämolymphe (Blut der Bienen) ansaugen und via Aorta in Richtung Kopf pumpen > Wachsproduktion > Pheromon-Produktion > Wehrstachel, Verteidigung > geschlechtliche Vermehrung |

Das Bienenvolk ist eine **Dauergemeinschaft** von Tausenden kurzlebigen nicht fortpflanzungsfähigen Weibchen (**Arbeiterinnen**), einer **Königin** und in den Frühjahrs- und Sommermonaten mehreren Hundert Männchen (**Drohnen**). Es ist hoch sozial organisiert: gemeinsames Nest, gemeinsame Brutpflege, reproduktive Arbeitsteilung bezgl. Eilage (Königin) und Brutpflege (Arbeiterinnen), Generationen überlappen sich.

| Vergleich: Königin, Arbeiterin und Drohn nach Winston „Biology of the Honeybee“ | | | |
|---|---|---------------------|---|
| | Arbeiterin | Königin | Drohn |
| Sinnesorgane | | | |
| Einzelaugen im Komplexauge | 4000-6900 | 3000-4000 | 7000-8600 |
| Porenplatten auf den Antennen | 3000 | 1600 | 30000 |
| Drüsen | | | |
| Futtersaftdrüse | vorhanden | rudimentär | nicht vorhanden |
| Kopfspeicheldrüse | groß | groß | rudimentär |
| Brustspeicheldrüse | groß | groß | klein |
| Mandibeldrüse | groß | sehr groß | klein |
| Wachdrüsen | vorhanden | nicht vorhanden | nicht vorhanden |
| Nassanoff-(Sterzelduft-)drüse („Attraktivitäts“-Pheromon) | vorhanden | nicht vorhanden | nicht vorhanden |
| Giftdrüse, Alkalische (Dufour'sche) Drüse und Stachelapparat | vorhanden | vorhanden | nicht vorhanden |
| Koschevnikow'sche Drüse (Königinnen-Pheromon) | vorhanden, Funktion ? | vorhanden | nicht vorhanden |
| Tergittaschendrüsen (Königinnen-Pheromon) | nicht vorhanden, werden entwickelt bei eierlegenden Arbeiterinnen | vorhanden | nicht vorhanden |
| Geschlechtsorgane | | | |
| Ovarien (Eierstöcke) | unterdrückt | vorhanden | nicht vorhanden |
| Spermatheka (Samenblase) | rudimentär | vorhanden | nicht vorhanden |
| Hoden + Schleimdrüsen | nicht vorhanden | nicht vorhanden | vorhanden junger Drohn: Hoden vorhanden, Entwicklung der Schleimdrüsen; alter Drohn: Hoden reduziert, Speicherung der Spermien in den erweiterten Samenvesikeln |
| Mundwerkzeuge, Beine, Flügel | | | |
| Mandibeln | schmal | kräftig, mit Zähnen | klein, mit Zähnen |
| Rüssel | lang | kurz | kurz |
| Sammelapparat am 3. Beinpaar | vorhanden | nicht vorhanden | nicht vorhanden |
| Sensillen auf den Flügeln | viele | wenige | sehr viele |

Geschlechtsorgane der Königin

Die Geschlechtsorgane der Königin bestehen aus den paarigen Eierstöcken (Ovarien), den paarigen Eileitern (Ovidukten), dem unpaarigen Eileiter, der Samenblase (Spermatheka) mit Samenblasengang sowie der Scheide (Vagina).

Die 2 Eierstöcke bestehen jeweils aus ca. 150 bis 180 Eischläuchen (Ovariolen). In den Eischläuchen entwickeln sich die Eier und werden vom oberen, schmalen Ende beginnend zum unteren, weiteren Ende und von dort in den sich jeweils anschließenden Eileiter transportiert. Mehrere Eier können hintereinander in einem Eischlauch heranreifen. Nährzellen zwischen den Eiern versorgen die Eier mit Dottermaterial. Von diesem Eidotter wird der spätere Embryo während der Embryonalphase versorgt.

Von der Mündung der Eischläuche werden die Eier im Eileiter weiter transportiert. Die 2 Eileiter verbinden sich zu einem unpaaren Eileiter. Daran schließt sich die Scheide an. Von der Scheide geht der Samenblasengang zur Samenblase ab. Gegenüber der Öffnung des Samenblasenganges befindet sich in der Scheide die Scheidenklappe.

In der Samenblase, die eine Y-förmige-Drüse sowie zahlreiche Tracheen aufweist, werden die Spermien gespeichert und vital gehalten. Legt die Königin ein Ei in eine Arbeiterinnen- oder Königinnenzelle, gibt sie aus der Samenblase eine kleine Menge Spermien dazu.

Während der weiteren Passage des Eies in der Scheide können mehrere Spermien in das Ei eindringen. Nur 1 Spermium verschmilzt allerdings mit dem Kern des Eies (Befruchtung).

Ausnahmen sind möglich und führen z.B. zu Zwitterbienen.

Die Eierstöcke einer Königin entwickeln sich erst nach erfolgreicher Begattung und bei guter Versorgung mit Futtersaft durch die Ammenbienen.

Bei der Paarung (s.u.) dienen Vagina und Eileiter zur Aufnahme der Spermien (ca. 200 Millionen). Nur ca. 5,6 Millionen Spermien werden in die Samenblase überführt. Der Rest wird über die Scheide ausgeschieden.

Geschlechtsorgane des Drohn

Die Geschlechtsorgane des Drohn bestehen aus den paarigen Hoden, den paarigen Samenleitern, den paarigen Samenvesikeln(-blasen), den paarigen Schleimdrüsen und dem Begattungsschlauch mit Abhängen.

Die Hoden werden bereits in der Embryonalphase angelegt, sind bis zum 18. Tag (Larvenstadium) des Drohn aktiv und produzieren Spermien. Dann schließt sich die Samenreife an.

Nach dem Schlupf wandern die Spermien bis zum 12. Tag in die sich erweiternden Samenvesikel (Samenblasen) und werden dort gespeichert (ca. 4 – 12 Millionen, Menge abhängig von Ernährung, Brutraumtemperatur [34,5-35°C optimal], Größe des Drohn). Die Hoden bilden sich zurück, während die Samenblasen an Größe zunehmen. Bei guter Versorgung durch die Ammenbienen entwickeln sich die Schleimdrüsen und produzieren ein schleimiges Sekret (Mucus). Jetzt ist der Drohn geschlechtsreif.

Bei der Begattung reitet der Drohn auf der Königin, umklammert diese und führt den Begattungsschlauch in die Stachelkammer der Königin ein. Hierzu stülpt sich der Begattungsschlauch (Endophallus) um und tritt dabei aus dem Hinterleib aus. Das Ejakulat gelangt in Scheide und Eileiter der Königin. Der Drohn fällt nach hinten herunter, stirbt und hinterlässt die Chitinplatten des Zwiebelstückes sowie Schleim in der Scheide. Dieses Begattungszeichen verhindert das Herausfließen der Spermien aus der Scheide. Außerdem soll das Begattungszeichen attraktiv auf die nächsten anfliegenden Drohnen wirken. Mit dem Begattungsschlauch entfernt der nächste Drohn das Begattungszeichen des Vorgängers.

Mehrfach-Paarung

Die Königin fliegt über mehrere Kilometer fort, um sich in deutlicher Entfernung von ihrem Volk mit mehreren Drohnen (ca. 12, in Einzelfällen > 30 Drohnen) zu paaren. Dies Verhalten der Königin dient der Inzucht-Vermeidung.

Sammeln sich zahlreiche Drohnen an einem Platz im Gelände, um dort auf den Einflug von Königinnen zu warten, spricht man von Drohnensammelplätzen. Die Drohnen an einem Drohnensammelplatz kommen aus diversen Bienenvölkern der weiteren (mehrere Kilometer) Umgebung. Im Mittel sind auf einem Drohnensammelplatz 16.000 Drohnen aus 240 Bienenvölkern (nicht Inselbelegstelle) vertreten. Mehr als 1.000 Drohnen sind notwendig, damit sich ein Drohnensammelplatz bilden kann (sinnvoll – bis 1000 Drohnen könnten aus nur einem Volk sein). Drohnen nutzen eher nahegelegene Drohnensammelplätze. Dies erscheint sinnvoll: je näher der Drohnensammelplatz, umso länger kann der Drohn bzgl. seines Energievorrates auf dem Drohnensammelplatz warten und hat somit größere Chancen zur Begattung zu kommen. Königinnen suchen eher weiter entfernte Drohnensammelplätze auf (Inzuchtvermeidung). Drohnen sind ca. 30 min. unterwegs. Der Hochzeitsflug der Königin liegt im Normalfall zwischen 10 und 30 min. Dauer (so lange wie nötig, so kurz wie möglich).

Die Spermien der Drohnen werden vorerst in den Eileitern der Königin „zwischengelagert“: Später wird ein Anteil einer „Mischung“ der Spermien in die Samenblase (Spermatheka) überführt (Dauer ca. 40 Std. nach Hochzeitsflug). Die Scheidenklappe wirkt wie eine Barriere auf Höhe der Mündung des Samenblasenganges und verhindert somit ein zu schnelles Zurückfließen der Spermien. Mischen und Transport in die Spermatheka erfolgt durch Kontraktionsbewegungen von Abdomen und Eileitern, ergänzt durch die Eigenbewegung der Spermien. In der Spermatheka findet eine weitere Durchmischung statt, die erst nach ca. 3 Monaten abgeschlossen ist. Die Spermatheka ist umhüllt von Tracheen. Eine y-förmige Drüse ist aufgelagert. Die Proteine aus der Drüse reduzieren die Aktivität der Spermien und bilden einen Infektionsschutz (Befruchtungsfähigkeit). Die Sauerstoffversorgung durch die Tracheen sichert die Beweglichkeit der Spermien.

Entstehung der Eier bei der Königin

- „normale“ Reifeteilung (Meiose – Erklärung siehe weiter unten) wie bei anderen Tieren; die Reifeteilung (Meiose) der Eier findet erst mit der Eiablage statt. Von den 4 haploiden Kernbereichen im Ei werden 3 haploide Zellkernbereiche aufgelöst. Nur ein haploider Kernbereich bleibt erhalten.

Entstehung der Spermien

- einfache Teilung – Erbgut der Spermien eines Drohns identisch mit dem des Eies, aus dem der Drohn hervorgegangen ist. Die Spermien sind nach der Entstehung und Reifung in den Hoden „fertig“. Keine Meiose!

Befruchtung

Bei der Eiablage **kann** die Königin aus der Samenblase Spermien abgeben. Mehrere Spermien können in die Eizelle eindringen, aber nur ein Spermiumkern verschmilzt mit dem Kern der Eizelle. Die 2 haploiden Kerne von Ei und Spermium verschmelzen zu einem diploiden Kern.

Arbeiterinnen-Verwandtschaftsgrad:

- Ei von selber Königin; Spermien von verschiedenen Drohnen = 25% (Halbschwestern)
- Ei von selber Königin; Spermien von anderem Drohnen der selben Königin = 50% (Vollschwwestern)
- Ei von selber Königin; Spermien vom selben Drohn = 75% (Superschwwestern) = Subfamilie

Entwicklung

- befruchtetes Ei = Entwicklung zu weiblicher Biene (Königin und Arbeiterin), bedingt durch Sex-Allele (s.u.)
- unbefruchtetes Ei = Entwicklung zu männlicher Biene (Drohn)

- Zugabe von Spermien aus der Samenblase der Königin zu dem Ei ist abhängig von der Zellgröße, in die das Ei gelegt werden soll.

Nach der Eiablage durch die Königin (bestiften der Zelle) neigt sich das Ei allmählich und liegt schließlich auf dem Zellboden. In dem Ei findet die Embryonalentwicklung statt, bei der sich der Embryo von dem Eidotter ernährt. Am 3. Tag schlüpft aus dem Ei eine Larve.

Die Differenzierung Königin oder Arbeiterin wird gesteuert über die Betreuung durch die Ammenbienen und den zur Verfügung gestellten Futtersaft.

- Die weibliche Larve, die in Königinnenzellen liegt, wird mit Königinnenfuttersaft (Gelée royale), bestehend aus Sekreten von Futtersaft- und Mandibeldrüsen, von den Ammenbienen intensiv versorgt. Der Futterkonsum der Larve wird durch den hohen Zuckergehalt des Weiselfuttersaftes (Phagostimulans) angeregt. Sie erhält während der gesamten Versorgungsphase durch die Ammenbienen nur Weiselfuttersaft. Gelée royale scheint verantwortlich für die Steuerung bestimmter Gene zu sein, deren Aktivität wiederum die Entwicklung zu einer Königin steuern.
- Die weiblichen Larven, die in „normalen“ Arbeiterinnenzellen liegen, werden in den ersten Larventagen mit Futtersaft und anschließend überwiegend mit Pollen und Honig versorgt. Der Arbeiterinnenfuttersaft enthält wesentlich weniger Mandibeldrüsensekret als der Weiselfuttersaft. In der ersten Tagen (ca. 72 Std.) ist die weibliche Larve noch bipotent (Arbeiterin oder Königin je nach Versorgung).
- Die männlichen Larven, die in Drohnenzellen liegen, werden ca. bis zum 3 Tag der Larvenzeit mit Futtersaft und anschließend überwiegend mit Pollen und Honig versorgt. Der Futtersaft enthält wesentlich weniger Mandibeldrüsensekret als der Weiselfuttersaft.

Folgende Entwicklungsstadien werden durchlaufen:

- Ei – Larve (Rund- und Streckmade) – Vorpuppe - Puppe – erwachsene Biene
- aufgrund des Wachstums bzw. der Veränderungen der Körperform finden 6 Häutungen (4 Larvenhäutungen, 1 Häutung zur Puppe, 1 Häutung zur erwachsenen Biene) statt
- Jede der 6. Häutungen wird über Hormone reguliert:
 - Häutungshormon (Ecdyson) plus viel Juvenilhormon = Häutung zur Larve
 - Häutungshormon plus wenig Juvenilhormon = Häutung zur Puppe
 - nur Häutungshormon, kein Juvenilhormon = Häutung zur erwachsenen Biene
- Rundmaden: intensives Fressen - entsprechende Größenzunahme sowie die notwendigen Häutungen
- Zell-Verdeckelung
- Larve streckt sich (Kopf in Richtung Zelldeckel) = Streckmade, die sich allmählich mit Sekret aus ihren Spinndrüsen in einen Kokon einspinnt; erst jetzt Durchbruch des Darm zum After und Entleerung des Darminhaltes in den Kokon
- 5. Häutung zur Puppe – äußere Form schon ähnlich der erwachsenen Biene, die inneren Organe werden umgewandelt; Umwandlungen und Neuentstehung der Organe durch noch undifferenzierte Zellen der Larven möglich
- 6. Häutung zur erwachsenen Biene; die erwachsene Biene schlüpft anschließend aus der Zelle; sie „kann noch nichts“, da ihre Drüsen sich noch entwickeln müssen

Vererbung

Vererbung ist die Übertragung von Merkmalen (Körpermerkmalen, Eigenschaften, etc) von einer Generation (Eltern) auf die nächste Generation (Kinder). Die Merkmale sind gespeichert im Erbgut der Körperzellen.

Genotyp = genetische Anlage, Phänotyp = sichtbares Merkmal

Ein diploider Körper hat im Erbgut die Eigenschaften von Mutter und Vater.

Haben z.B. Mutter und Vater reinerbig rote Augen sind Kinder ebenfalls reinerbig (homozygot) und haben alle rote Augen.

Ist die Mutter reinerbig für die Augenfarbe „rot“ und der Vater „blau“, sind die Kinder mischerbig (heterozygot).

Dominiert in diesem Fall die Farbe „rot“ über „blau“ (rot = dominant, blau = rezessiv) haben die mischerbigen Kinder rote Augen.

Sind die Eltern mischerbig (heterozygot = genetische Anlage für „rot“ und „blau“ bei Mutter und Vater) sind die Kinder rein- oder mischerbig.

Neben der Vererbung nach dem Muster dominant /rezessiv gibt es auch noch die Möglichkeit, dass beide Gene – von Vater und Mutter – das Merkmal beeinflussen: z.B. Mutter „weiß“, Vater „rot“, Kinder „rosa“.

Genetische Eigenschaften (Genotyp) in der Körperzelle

- Der Zellkern ist Träger des Erbgutes.
- Die biochemische Form des Erbgutes ist die DNA.
- Eine Erbinformationseinheit ist ein Gen.
- Gene befinden sich auf den Chromosomen.
- Die Chromosomenzahl ist in den Zellkernen einer Tierart konstant (Biene $2 \times 16 = 32$ Chromosomen, Mensch $2 \times 23 = 46$ Chromosomen, Besonderheit Drohn: vorerst nur 1×16 , während der Larvenentwicklung in den Körperzellen Verdoppelung auf 2×16).
- In den Körperzellen liegen jeweils paarweise gleiche (homologe) Chromosomen vor (= doppelter Chromosomensatz = diploid, bei Königin und Arbeiterin je eins von väterlicher und mütterlicher Herkunft).
- Die Kerne der Keimzellen (Ei, Spermium) besitzen nur den einfachen Chromosomensatz (= haploid).
- Bei der Befruchtung verschmelzen 2 haploide Keimzellen (je eine von Vater und Mutter) zu einer diploiden Zelle, aus der durch Zellteilung diploide Körperzellen (gemischtes Erbgut von Mutter und Vater) hervorgehen.
- In jeder Körperzelle ist das gesamte Erbgut, obwohl - je nach Lage der Zelle - nur Teile davon benötigt werden
- Wird ein Gen aktiv in der Körperzelle, wird dabei aufgrund der Bauplanskizze (= DNA des Gens) ein Protein (Eiweiß) produziert. Die Information für die Konstruktion des Proteins ist in dem Gen gespeichert.
- Das entstandene Protein kann in der Zelle oder an dem Ort an den es transportiert wird direkt (als Enzym) oder indirekt Entwicklungen, Veränderungen etc. auslösen und steuern.

Sichtbare Eigenschaften (Phänotyp)

- Sichtbare Eigenschaften und Leistungen sind aus imkerlicher Sicht bei Bienen z.B. Körpermerkmale, Honigleistung, Entwicklung des Volkes, Brutlücken bzw. Anordnung des Brutnestes, Bautrieb, Sanftmut, Wabensitz, Krankheiten (Hygieneverhalten, Toleranz, Widerstandsfähigkeit).
- Die sichtbaren Eigenschaften einer Biene (Phänotyp) basieren auf den genetischen Eigenschaften (Genotyp) vererbt von den Eltern über Ei plus Spermium (Samen).
- Ei und Spermium werden als Keimzellen bezeichnet. Im Zellkern der Keimzellen befindet sich das Erbgut = Summe der Chromosomen. Ein Chromosom hat viele Gene.
- Meistens sind mehrere Gene verantwortlich für ein Körpermerkmal bzw. eine Eigenschaft. Zusätzlich können Körpermerkmale und insbesondere Eigenschaften sowie Leistungen durch die Umwelt mit beeinflusst werden.

Zell- und Kernteilung

Mitose

Die Mitose dient der Zellvermehrung der Körperzellen. Entstehende Tochterzellen sind identisch mit der Mutterzelle.

- Am Ende der Mitose liegen 2 diploide Tochterzellen vor, die bzgl. des Erbgutes untereinander und mit der Mutterzelle gleich sind.
- Nach der Zellteilung übernehmen die neuen Zellen bestimmte Funktionen in Geweben und Organen. Für die spezifische Funktion verändert sich die jeweilige Zelle. Aus undifferenzierten Zellen werden differenzierte Zellen.

Meiose - Reifeteilung

Die Meiose dient der Entstehung bzw. Vermehrung der Keimzellen (Eier und Spermien). Dabei wird der Chromosomensatz auf die Hälfte reduziert. Dies ist notwendig, da bei der geschlechtlichen Vermehrung 2 Kerne - der vom Ei und der vom Spermium - miteinander verschmelzen (Befruchtung). [Würden die Chromosomensätze bei der Entstehung von Ei und Spermium nicht halbiert werden, würde sich bei jeder Befruchtung der Chromosomensatz verdoppeln (also 4-facher, dann 8-facher, dann 16-facher Chromosomensatz).]

Ergebnis der Meiose:

- Halbierung auf einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz pro Zelle. Dabei findet eine Durchmischung des väterlichen und mütterlichen Erbgutes statt.
- Die Chromosomen werden zufällig auf die 4 Tochterkerne bzw. -zellen verteilt.
- Am Ende der Meiose liegen 4 nicht mehr identische haploide Zellen vor.
- Es kommt zur völligen Neukombinationen durch einen Segmentaustausch zwischen den homologen Chromosomen (crossing over).

Verhältnisse bei der Biene

- Arbeiterin und Königin gehen aus befruchteten, also diploiden Eizellen hervor.
- Das befruchtete Ei hat den doppelten Chromosomensatz. Ein Satz von der Königin (Mutter) aus dem Ei und ein Satz von dem Drohn (Vater) aus dem Kern des Spermiums.
- Zur **Produktion von haploiden Eiern** muß die Zellteilung nach dem Muster der **Meiose** ablaufen = Reduktion des Chromosomensatzes von diploid auf haploid.
- Drohnen gehen aus unbefruchteten also haploiden - Eiern hervor.
- Das unbefruchtete Ei hat nur den einfachen Chromosomensatz. Es liegt nur der einfache Chromosomensatz und damit nur das Erbgut der Mutter (Erbgut im Kern der Eizelle) vor.
- Die Keimbahnzellen der Drohnen sind von Anbeginn an haploid. Zur **Produktion der Spermien in den Hoden der Drohnen** ist also **keine Meiose** notwendig (nur einfache Zellteilung).

Geschlechtsbestimmung (Sex Allele)

- sind die Sexallele (auf Chromosom 8) verschieden (heterozygot) entsteht ein Weibchen. D.h. die Sexallele von „Mutter“ = Ei und „Vater“ = Spermium unterscheiden sich.
- sind die Sexallele einheitlich (homozygot) entsteht ein Männchen; d.h. die Sexallele von „Mutter“ = Ei und „Vater“ = Spermium sind gleich. Dies kann bei Inzucht auftreten. Bei Inzucht gehen aus ca. 25 % der befruchteten Eier diploide Drohnen hervor, die absterben (0 25% Brutausfall auf Arbeiterinnenwabe).
- unbefruchtetes Ei = hemizygot (nur halbes Erbgut) = „homozygot“. Es entsteht ein Drohn. Es handelt sich um Parthenogenese (= Jungfernzeugung; Parthenogenese der männlichen Individuen = Arrhenotokie)