

Populations – und Evolutionsbiologie

Lekt. 9: Selektion

- 1) Natürliche Selektion
- 2) Sexuelle Selektion

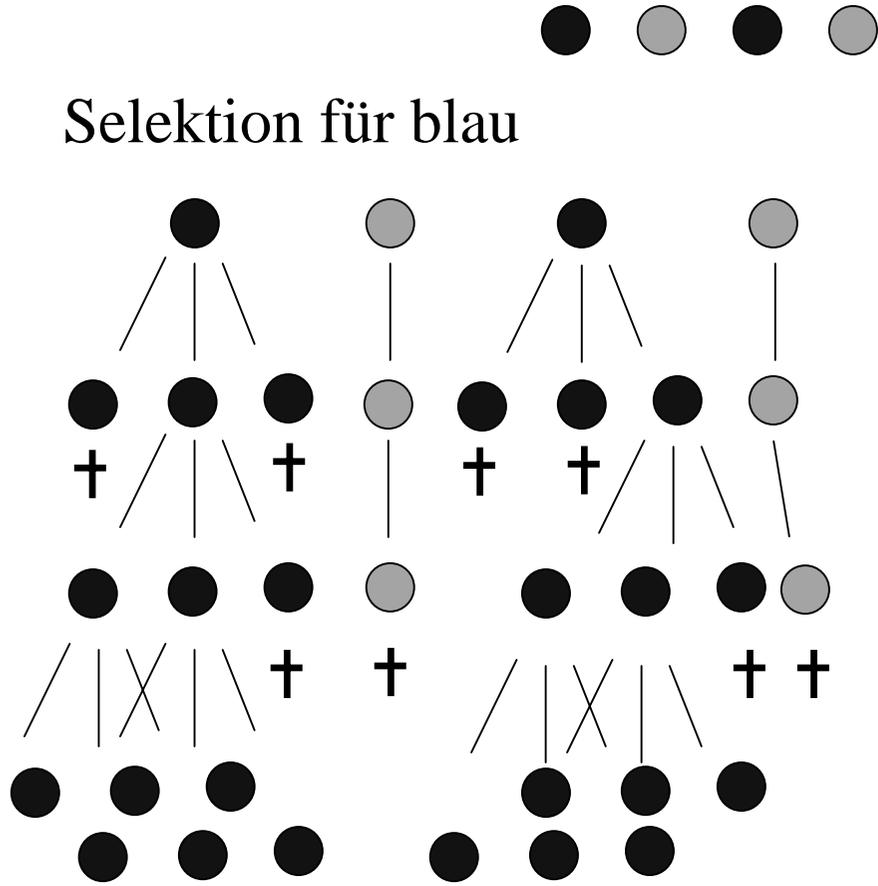
Florian Schiestl
Geobotanisches Institut
Zollikerstr. 107
schiestl@geobot.umnw.ethz.ch

Organismen produzieren mehr Nachkommen als überleben

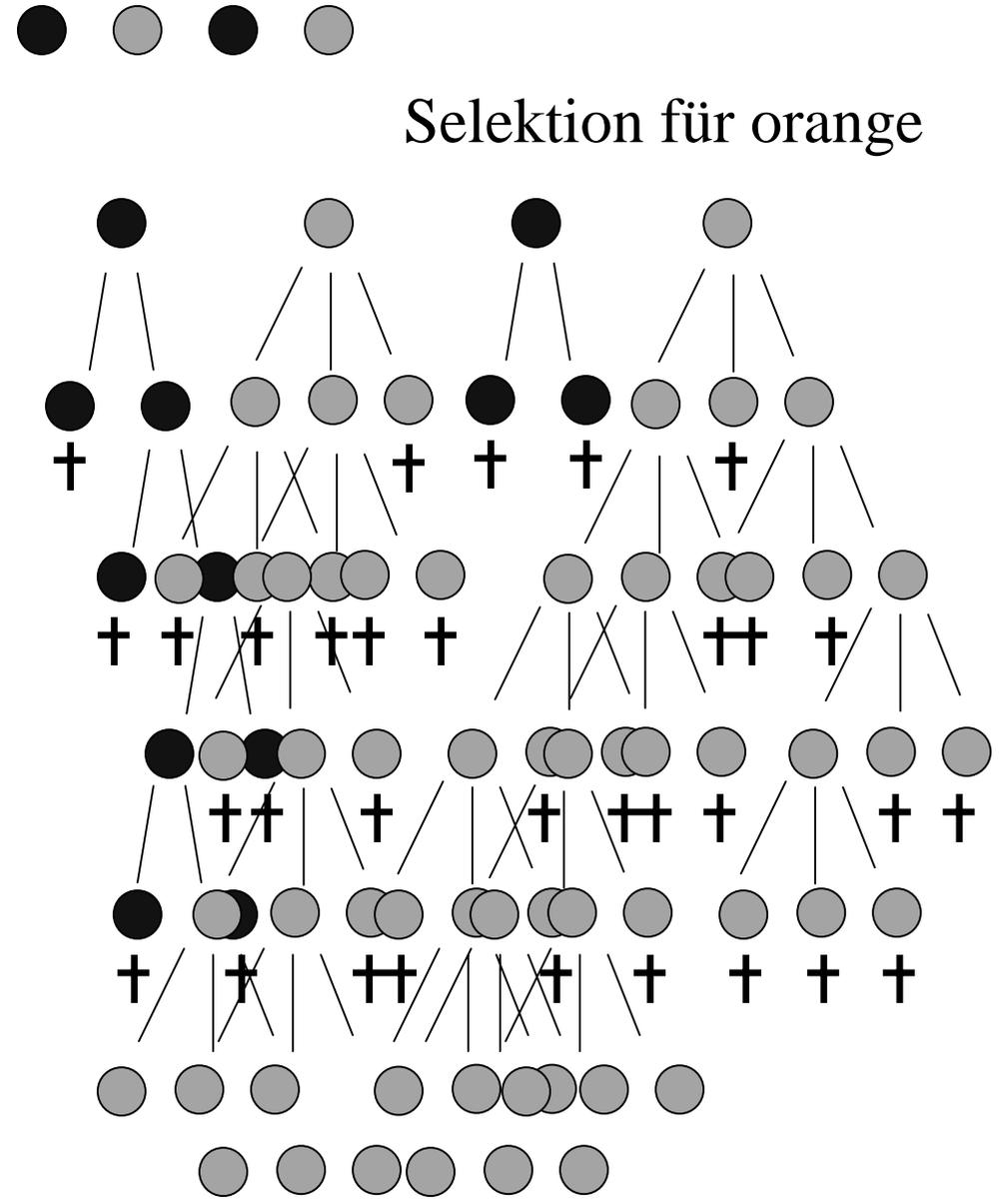
z.B. Dorsch: 10 Jahre altes Weibchen legt etwa 2
Mill. planktische Eier, sehr viele Fressfeinde;
Von allen Eiern, die ein Weibchen in ihrem Leben
legt, wieviele überleben im Populations-
durchschnitt bis zum Fortpflanzungsalter?
Unterschiede in Reproduktionsrate: Life History

Wenn das Überleben oder die Reproduktionsrate nicht zufällig sind, sondern mit bestimmten erblichen Eigenschaften verknüpft ist, spricht man von Selektion

Selektion für blau

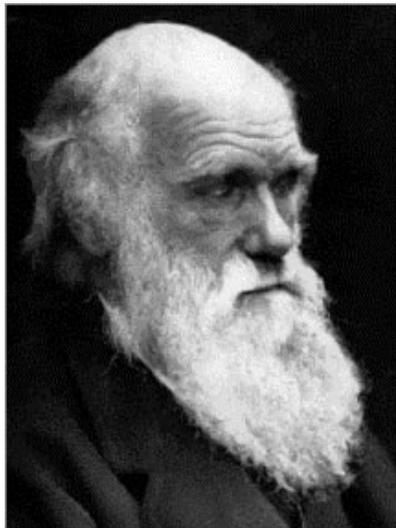


Selektion für orange (grey circles)



Evolution einer Idee

Charles Darwin (1859):
„On the origin of
species by means of
natural selection“



Alfred Russel Wallace
(1858): „On the Tendency
of Varieties to Depart
Indefinitely From the
Original Type“



Darwins 4 Postulate

1. Individuen innerhalb der Arten sind variabel.
2. Manche variablen Eigenschaften sind vererbbar.
3. In jeder Generation werden mehr Nachkommen gezeugt als überleben.
4. Überleben und Reproduktion sind nicht zufällig: Individuen die überleben oder sich am meisten fortpflanzen, haben die vorteilhaftesten Variationen einer Eigenschaft. Sie werden „ausgelesen“.

1) Variation

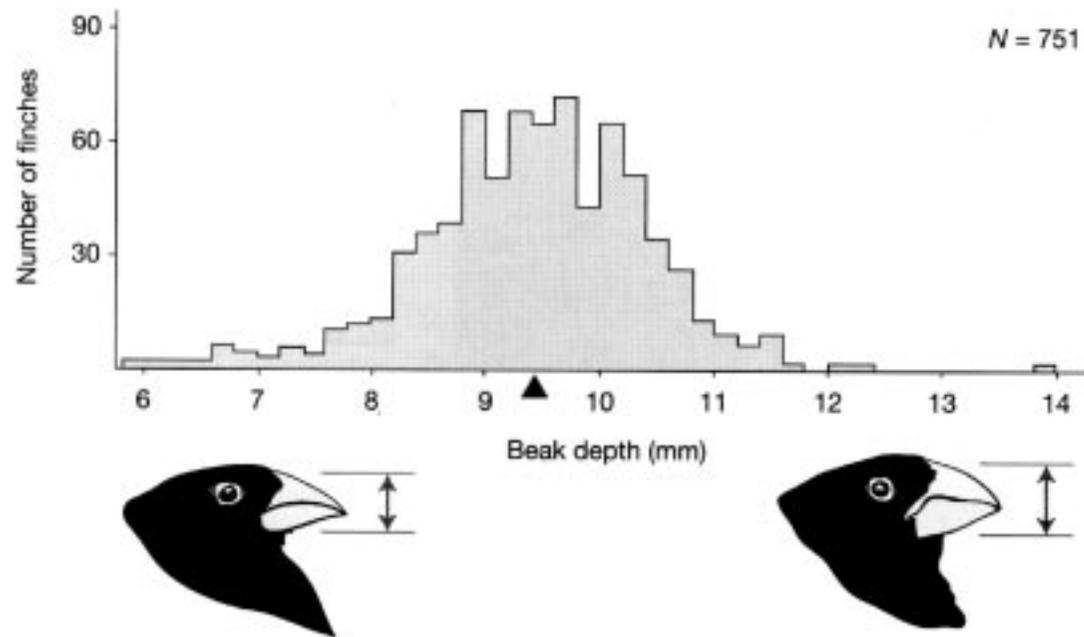


Fig. 3.3 Freeman & Herron 2001.

Variation: Polymorphismen



Frequenzabhängige
Selektion stabilisiert
den Polymorphismus
(Gigord 2001)

Dactylorhiza sambucina

2. Ist die Variabilität vererbbar?

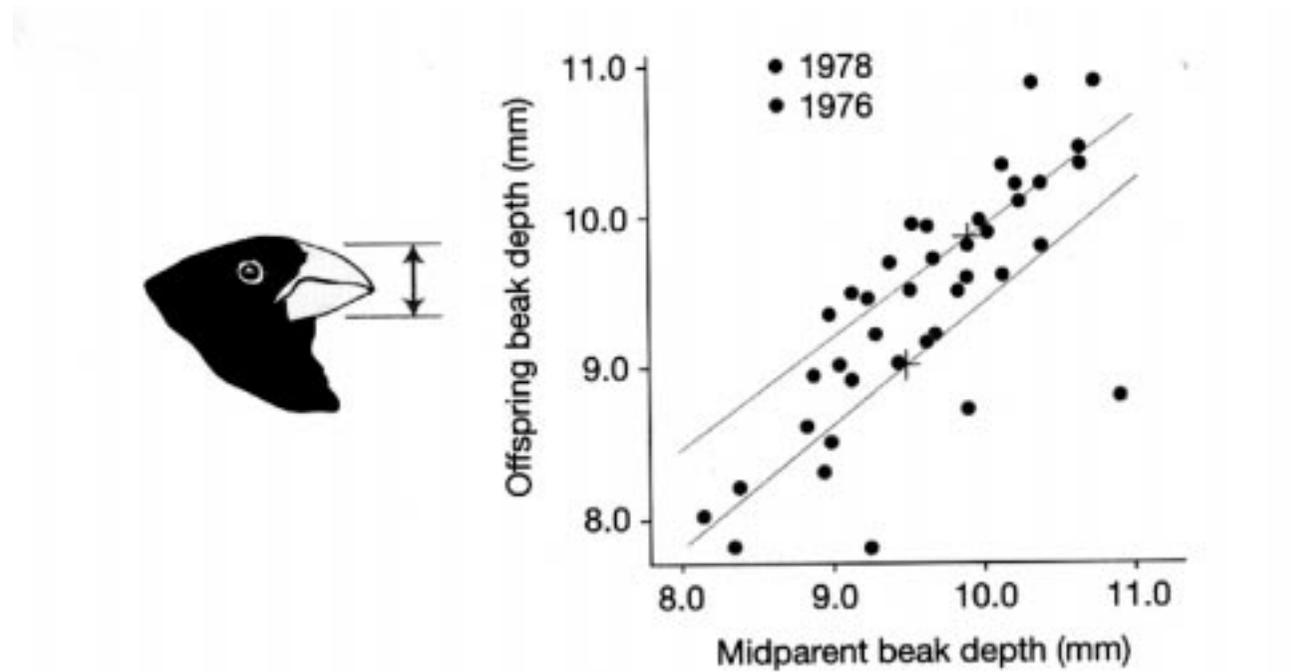


Fig. 3.4 Freeman & Herron 2001

3. Überschuss an Nachkommen

Table 3.1 Reproductive potential

This table gives the number of offspring that a single individual (or pair of individuals, for sexual species) can produce under optimal conditions, assuming that all progeny survive to breed, over various time intervals. Darwin picked the elephant for his calculations because it was the slowest breeder then known among animals.

Organism	Reproductive potential	Citation
<i>Aphis fabae</i> (an aphid)	524 billion in one year	Gould 1977
Elephant	19 million in 750 years	Darwin 1859
Housefly	191×10^{18} in 5 months	Keeton 1972
<i>Mycophila speyeri</i> (a fly that feeds on mushrooms)	20,000/square foot in 35 days	Gould 1977
<i>Staphylococcus aureus</i> (a bacterium)	Cells would cover the Earth 7 feet deep in 48 hours	Audesirk and Audesirk 1993
Starfish	10^{79} in 16 years*	Dodson 1960

* 10^{79} is the estimated number of electrons in the visible universe.

Tab. 3.1 Freeman & Herron 2001

4. Überleben und Reproduktion sind nicht zufällig

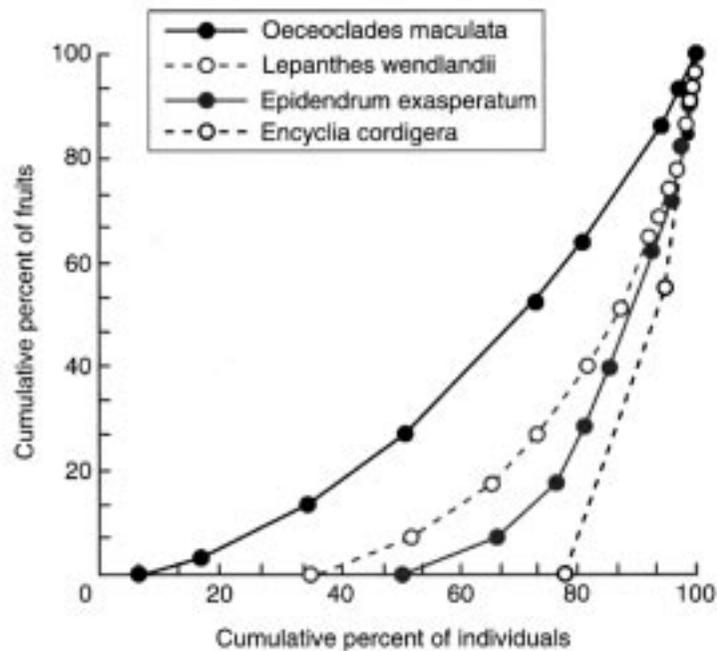


Fig. 4.8 Ridley (1996) Evolution



Oeceoclades maculata



Encyclia cordigera



Innerhalb von 10
Jahren produzierten
nur 2% der Pflanzen
Früchte (von 900
Individuen) (Gill
1989)

Cyripedium acaule

Fitness

- Definition: die durchschnittliche Anzahl Nachkommen eines Individuums, in Relation zur Mittleren Anzahl Nachkommen der Individuen einer Population.
- Problem: Fortpflanzungserfolg der Nachkommen nicht berücksichtigt. Zunehmende Komplexität.
- Meistens können nur Fitnesskomponenten bestimmt werden, z.B. Überlebensrate, Anzahl Eier, Samen etc. („partial fitness“)

Fitness

- Fitness ist relativ und steht in Beziehung zur Umwelt.
- Eine Anpassung („adaptation“) ist eine Eigenschaft die die Fitness eines Organismus in Relation zu Individuen ohne diese Eigenschaft erhöht.

Selektion wirkt auf den Phänotyp...

- ...Evolution gibt es aber nur, wenn der Phänotyp zumindest teilweise vererbt wird.
- Selektion wirkt auf Individuen, Evolution passiert aber durch Veränderungen in Populationen.
- Selektion ist ein statistisches Phänomen, hat nichts mit irgendeiner Form von Bewusstsein zu tun, aber: Selektion ist **nicht zufällig**.

Migration kann die Wirkung von Selektion abschwächen oder aufheben



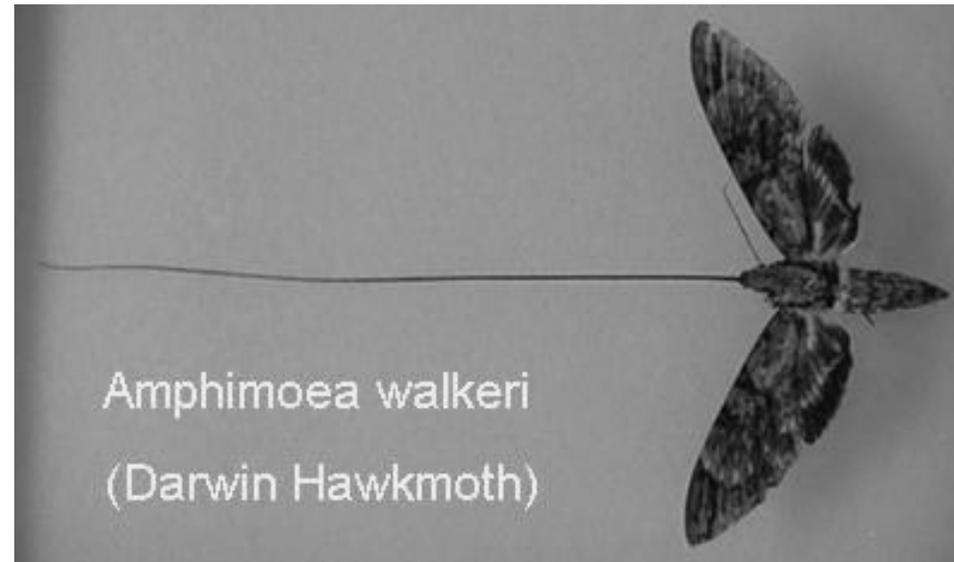
Nerodia sipedon

Kap. 6, S. 159 Freeman & Herron 2001

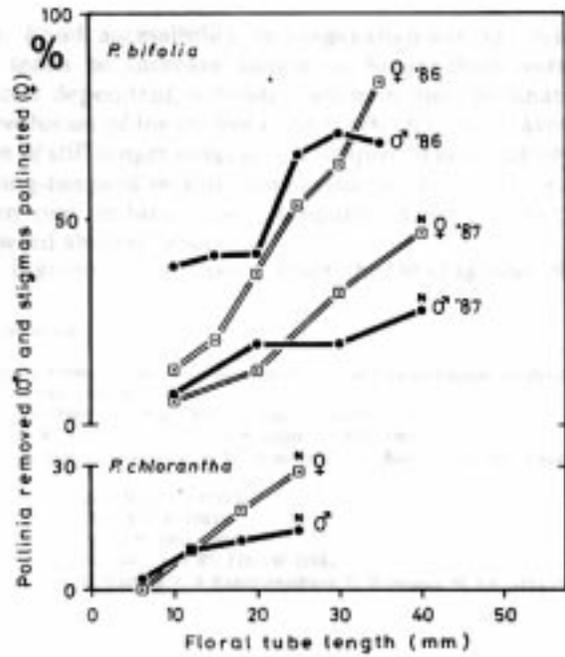
1) Gerichtete Selektion



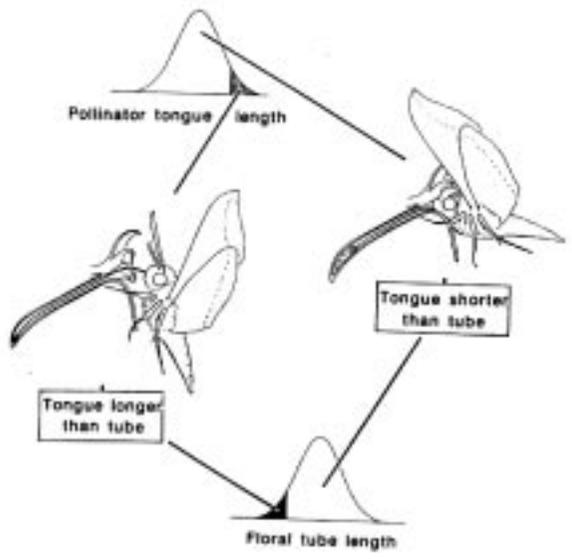
Angraecum sesquipedale



Amphimoea walkeri
(Darwin Hawkmoth)



Direction of evolution →



Platanthera bifolia

Nilsson (1988)

2) Stabilisierende Selektion

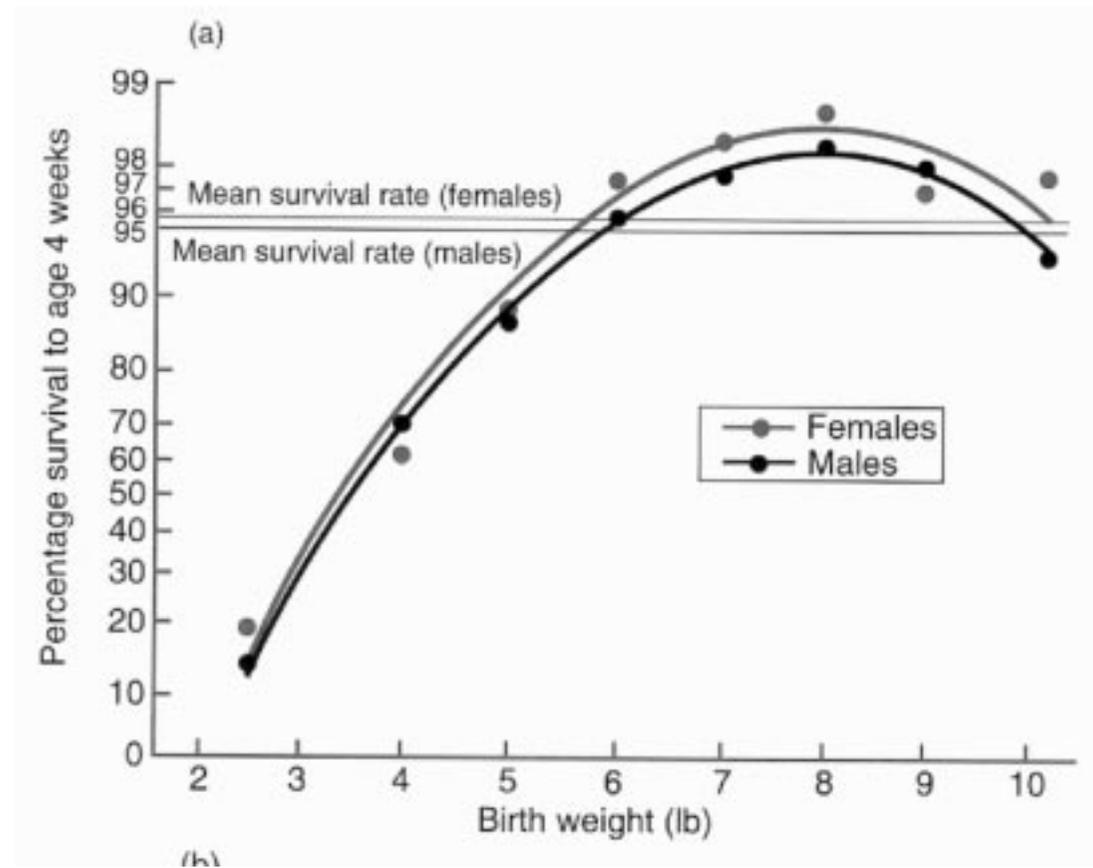


Fig. 4.4 Ridley (1996) Evolution

3) Disruptive Selektion

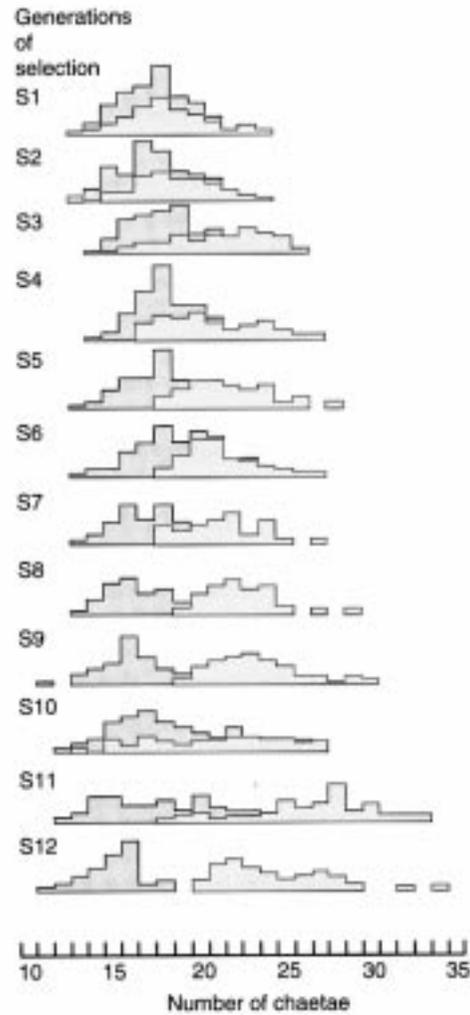


Fig. 4.5 Ridley
(1996) Evolution



Passt der Pfauenschwanz in die Selektionstheorie?

Sexualdimorphismus

- Gibt es Selektion, die auf Geschlechter unterschiedlich wirkt? Mit natürlicher Selektion nicht zu erklären.
- Sex bietet eine Erklärung: Problem der Partnerwahl
- Individuen variieren in ihrem Erfolg beim finden eines Partners.
- Gibt es (erbliche) Merkmale, die die Partnerwahl und/oder den Paarungserfolg beeinflussen?

Sexuelle Selektion

- Unterschiede im Paarungserfolg zwischen Individuen: **Sexuelle Selektion.**
- Charles Darwin (1871) „The Descent of Man and Selection in Relation to Sex.“

Geschlechter investieren unterschiedlich in Reproduktion

- Bateman`s Prinzip; Weibchen investieren in der Regel mehr in Nachwuchs als Männchen.
- Eizellen sind aufwändiger zu produzieren als Spermienzellen (Ejakulat).
- Brutpflege.
- Fitness ist für die Geschlechter mit unterschiedlichem Aufwand verbunden.

Bsp.: Orangutan



Investition des
Männchen:
Ejakulat und 15 min.
Kopulationszeit

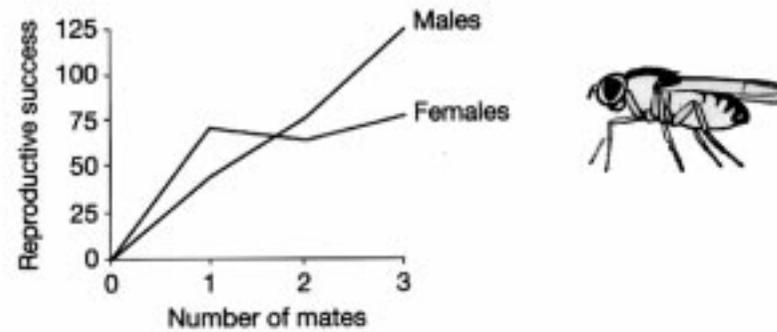
Weibchen:
Eizelle, 8 Monate
Tragezeit, 3 Jahre
Stillzeit,
weitere Brutpflege bis
Junges etwa 7 Jahre.

Limitierung des Reproduktionserfolgs

- **Weibchen:** Anzahl der Produzierten Eizellen, oder Zeit und Energie die in Nachwuchs investiert wird.
- **Männchen:** Zugang zu Paarungen.
- d.f. Männchen konkurrieren mehr um Weibchen als umgekehrt.
- Unterschiedliche Selektionsdrücke auf Weibchen und Männchen.

Getestet in *Drosophila*

(a) Reproductive success versus number of mates:



(b) Variation in number of mates:

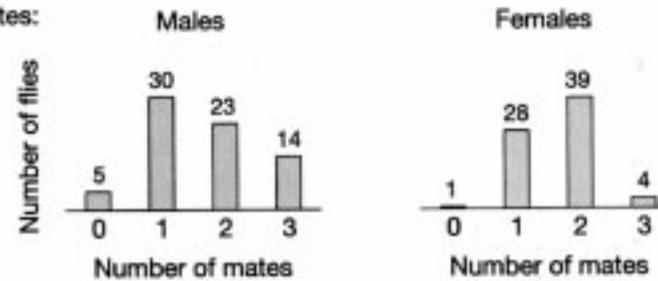


Fig. 9.4 Freeman & Herron (2001)

Voraussagen für Verhalten

- Männchen sollten kompetitiv sein
- Weibchen sollten wählerisch

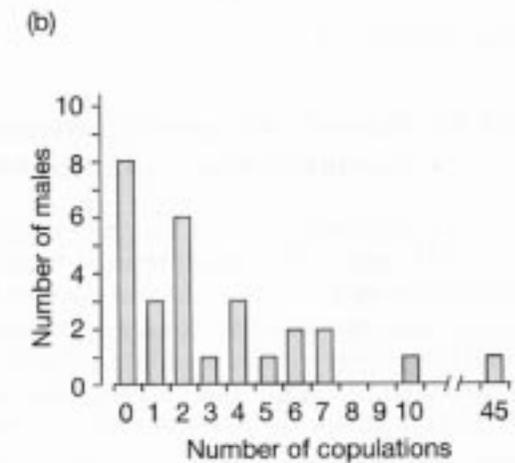
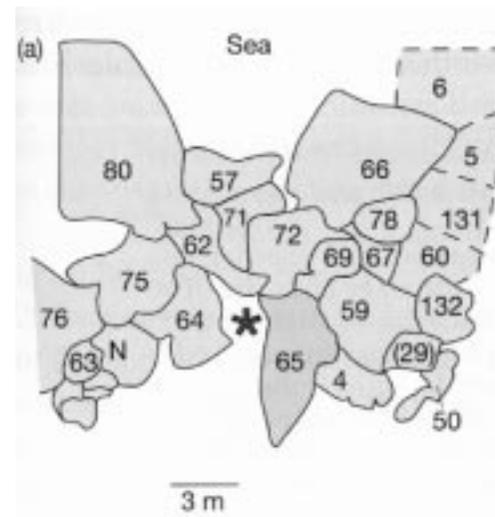
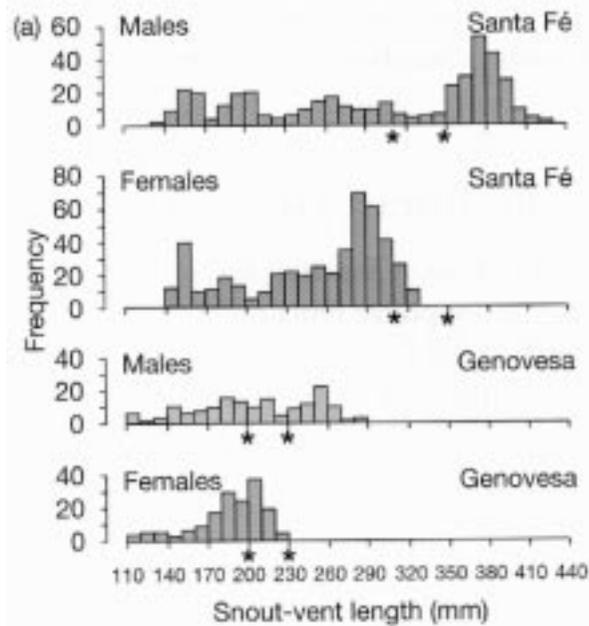
Es können 2 Formen unterschieden werden

1. **Intrasexuelle Selektion:** Wenn Männchen den Zugang zu Weibchen monopolisieren können und daher untereinander um diesen Zugang konkurrieren.
2. **Intersexuelle Selektion:** Keine Monopolisierung möglich; Männchen werben um die Weibchen. Selektion spielt sich zwischen den Geschlechtern ab.

1) Intrasexuelle Selektion

- **Kampf, Spermienkonkurrenz, Infantizid**
- **a) Kampf:** Selektion für: Körpergrösse, „Waffen“, Schutz, effektive Taktiken
- Bsp. Iguanas auf Galapagos Inseln: natürliche Selektion bevorzugt mittlere Körpergrösse, viele Männchen sind trotzdem grösser.
- Männchen bilden Territorien und kopulieren mit Weibchen in den Territorien; Männchen kämpfen um Territorien, grosse Männchen gewinnen eher.

Sexuelle Selektion bei Iguanas auf Galapagos Inseln



Figs.9.6, 9.8 Freeman & Herron 2001

b) Spermienkonkurrenz

- Entscheidend ist nicht die Kopulation, sondern dass Spermien auch wirklich die Eizellen befruchten.
- Wenn Weibchen sich mehrmals hintereinander paart: Spermienkonkurrenz (schwer zu unterscheiden von kryptischer Weibchenwahl). Ein „Wurf“ kann mehrere Väter haben
- Taktiken der Männchen: Anzahl der Spermien; mate guarding; mating plug; Weibchen durch pheromone unattraktiv machen; spezielle Apparatur zur Entfernung der Spermien des Vorgängers.

Spermienkonkurrenz bei Kleinlibellen

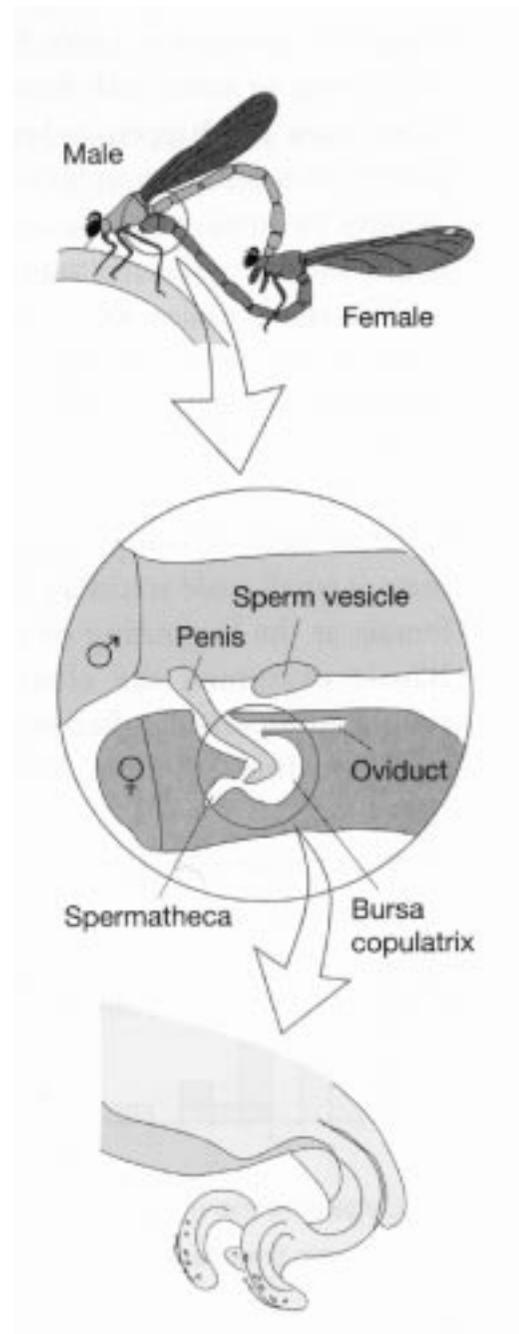


Fig. 9.9 Freeman & Herron
2001

c) Infantizid

- Bsp. Löwen: bilden Gruppen von verwandten Weibchen, mit kleiner Gruppe Männchen. Männchen wechseln zwischen Gruppen, Neuankömmlinge können alte Männchen vertreiben.
- Weibchen sind nicht empfänglich solange sie Junge säugen; Strategie der neuen Männchen: Jungen der Vorgängermännchen umbringen.
- Infantizid ist Todesursache für etwa 25% der Löwenjungen
- Strategie der Weibchen: Junge verteidigen; Embryos rückresorbieren, wenn Rudel übernommen wird.

Infantizid bei Löwen



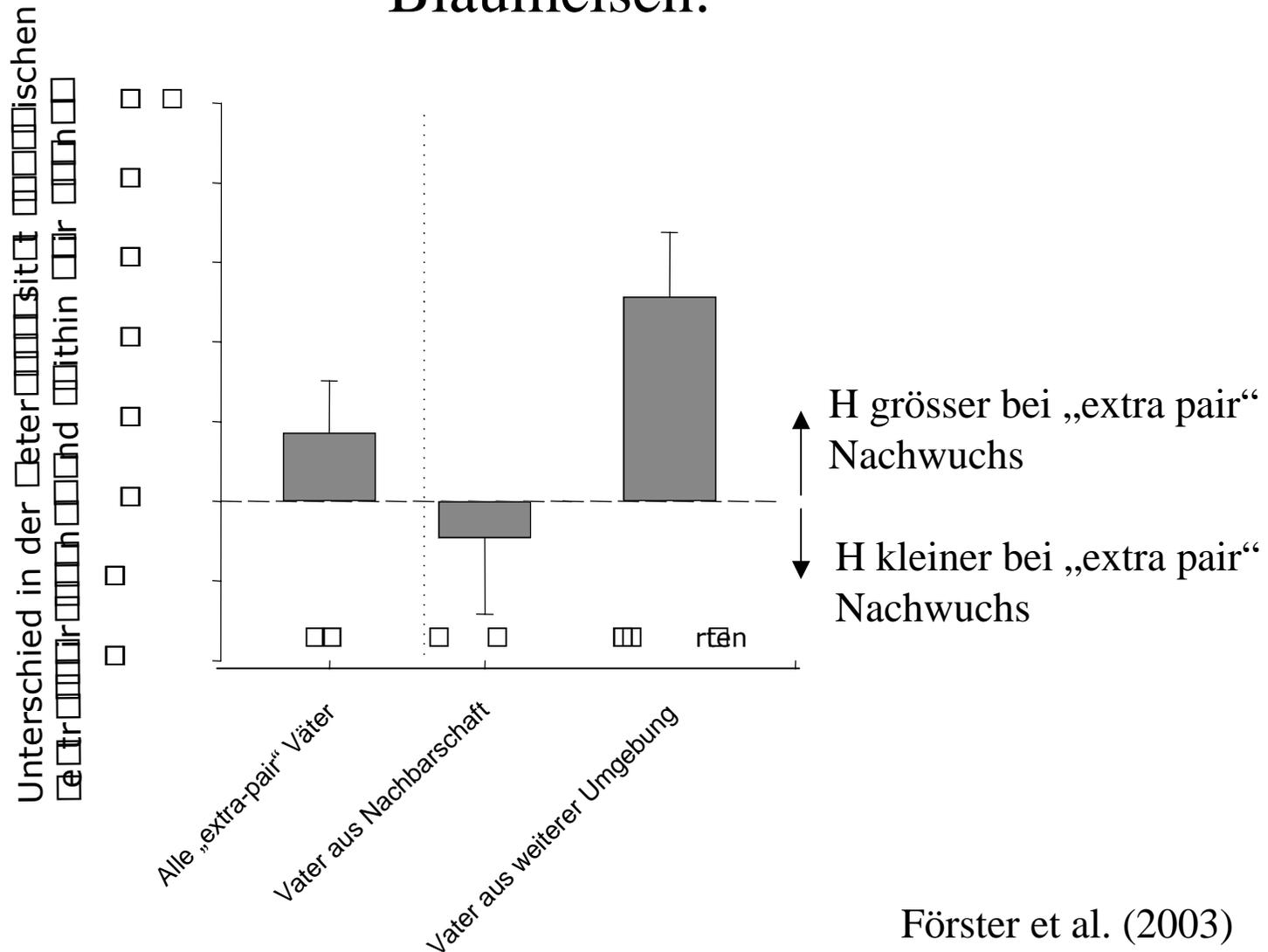
Fig. 9.12 Freeman & Herron 2001

2) Intersexuelle Selektion

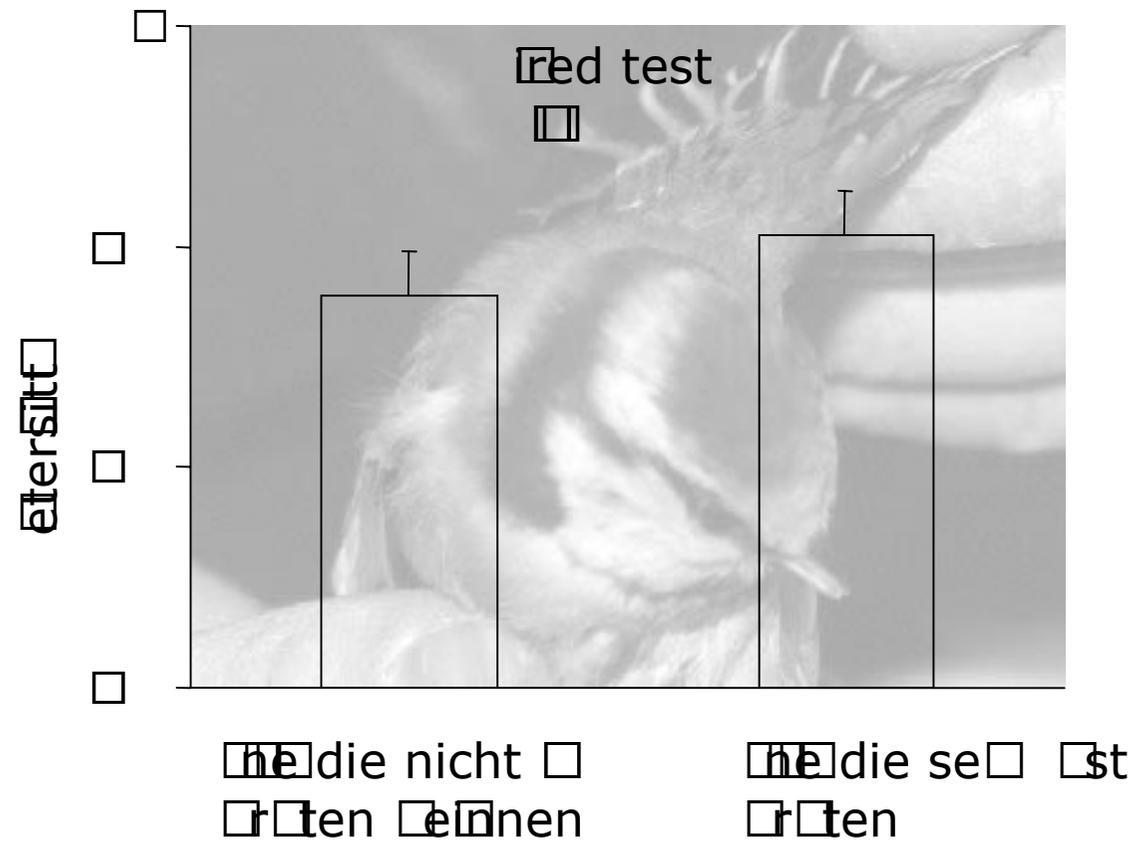
- Weibchenwahl („female choice“): Männchen werben um die Weibchen.
- Verschiedene Signale (Ornamente, Federn, Duft, Akustik) spielen eine Rolle.
- „Extra-pair copulation“: Weibchen paart sich mit mehreren Männchen.

Weibchenwahl: Warum paaren sich Weibchen mit mehr als einem Männchen, wenn dabei die Reproduktionsrate nicht vergrössert wird?

Blaumeisen:

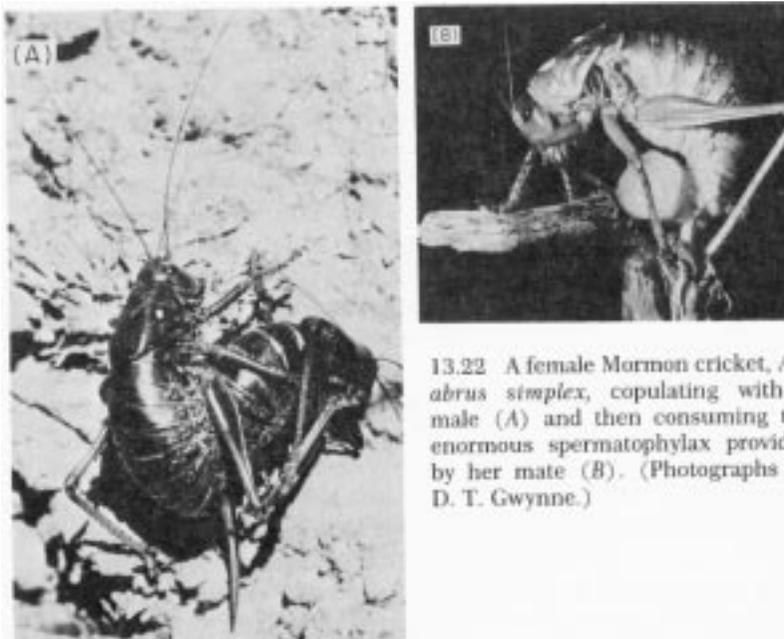


Bei höherer Heterozygotität erhöht sich die Fitness des Nachwuchts

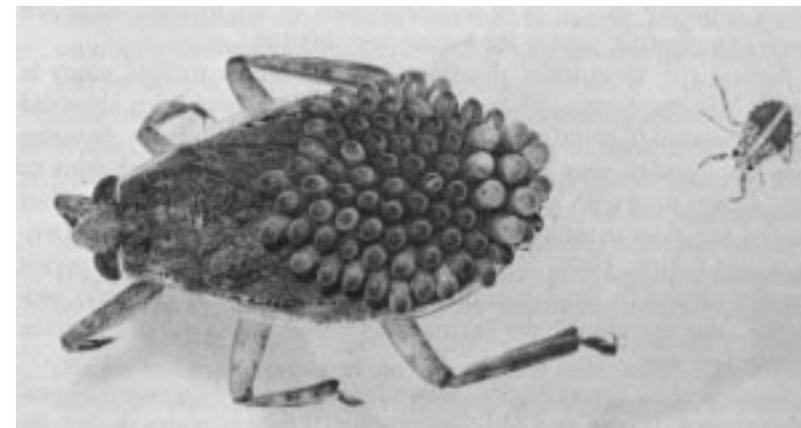


„Sex role reversals“

- Wenn Männchen mehr investieren: Männchenwahl „male choice“
- Brutpflege (Seepferdchen, Wasserwanze), Hochzeitsgeschenke (Mormonengrille)



Mormonengrille, *Anabrus simplex*



Wasserwanze, *Abedus herberti*

Sexuelle Selektion bei Pflanzen

Sexualdimorphismus: z.B. *Catasetum*



Weibliche Blüte



Männliche Blüte

Verhältnisse sind ähnlich wie bei Tieren

- Weibchen investieren mehr – sie müssen die Samen produzieren, Männchen nur die Pollenkörner.
- Männchen konkurrieren mehr um Weibchen.
- Komplikationen: Gameten werden von Vektoren (Tieren, Wind) übertragen (Bestäubung) – „indirekte Partnerwahl“.
- Pflanzen sind häufig Zwitter

Beeinflussung des Bestäuberverhaltens:

Wurmbea dioica (zweihäusig): männliche Blüten sind grösser als weibliche.

- Grössere Blüten attraktiver für Bestäuber: können Pollen schneller exportieren.
- Weibliche Blüten: Samenproduktion ist nicht durch Pollenverfügbarkeit limitiert (durchschnittl. gelangt 4 mal mehr Pollen auf Stigma als benötigt um alle Eizellen zu befruchten), gr. Blüten machen keinen Sinn.



Direkte „Partnerwahl“

- Auf der Narbe landen mehr Pollenkörner, als für die Befruchtung der Eizellen nötig wäre.
- Pollenschlauch wächst durch das mütterliche Gewebe zu den Eizellen: die schnellsten befruchten am meisten Eizellen. Möglichkeit für Konkurrenz.
- Wachstum ist vom weibliche Gewebe abhängig.
- Selbstinkompatibilität: Pollen vom eigenen Genotyp wird am Wachstum gehemmt.

Weibchenwahl bei Pflanzen: Selbstinkompatibilität

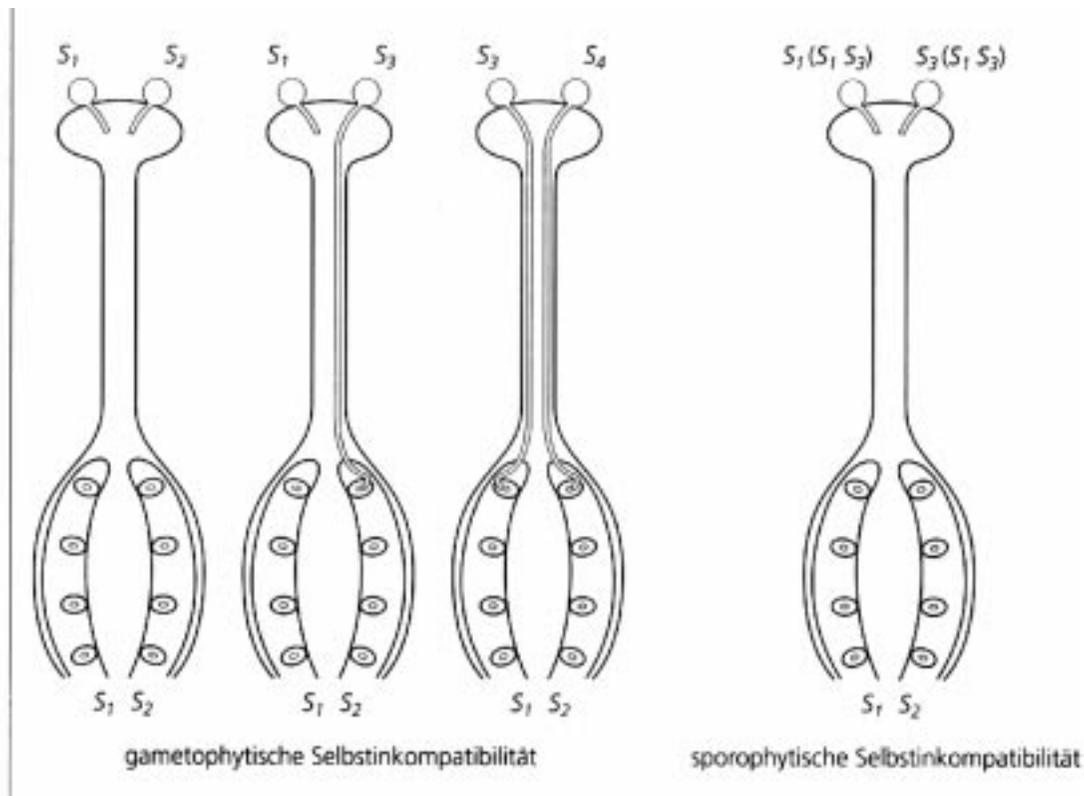


Fig. 10.20 Strasburger 2002