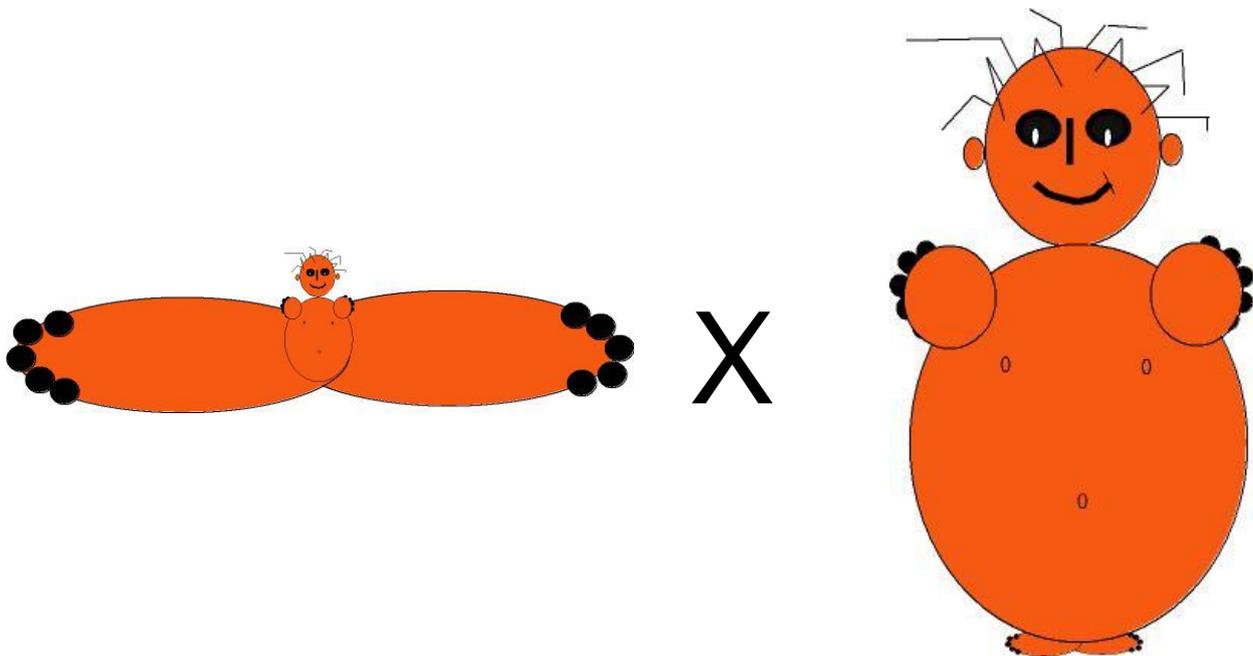


**Landeshauptstadt
Hannover**



Schulbiologiezentrum

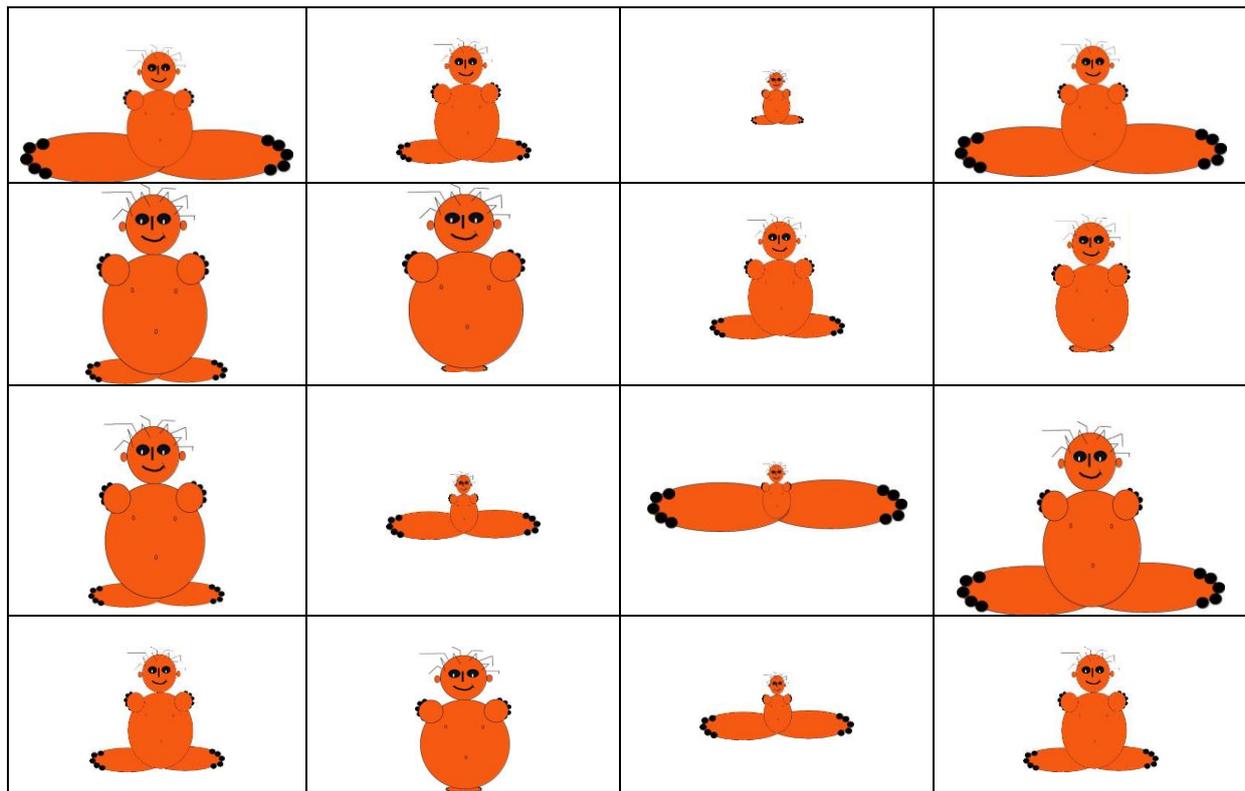


Gregor Mendel

10.12

„Riesenfußzwerge“ und „Zwergfußriesen“:
Ein märchenhaftes Projekt zur Mendel-Genetik

Oktober 2012



Herausgeber:

Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologiezentrum Hannover

Titel:

**„Riesenfußzwerge“ und „Zwergfußriesen“
Ein märchenhaftes Projekt zur Mendel-Genetik**

Arbeitshilfe 10.12

Verfasser:

Ingo Mennerich

Herausgeber:

Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/168-47665
Fax: 0511/168-47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum.info

Inhalt

Vorwort

Das Märchen von den Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen

Wie geht es weiter?

Arbeitsblatt dominant-rezessiver Erbgang mit Ausschneidebogen

Arbeitsblatt intermediärer Erbgang mit Ausschneidebogen

Arbeitsblatt dominant-rezessiver Erbgang (Lösung)

Arbeitsblatt intermediärer Erbgang (Lösung)

Vorwort:

Ein einfacher Versuch zeigt den zukünftigen Stellenwert der Genetik im Biologieunterricht niedersächsischer Schulen:

Man lade sich einmal vom Bildungsserver „Nibis“ die Kerncurricula aller Schulstufen herunter und gebe dann als Suchbegriff „Genetik“ oder „Mendel“ ein.

Die Erkenntnis: In der Haupt- Real- und der zukünftigen Oberschule findet die Genetik überhaupt nicht mehr statt („Dokument wurde durchsucht Keine Treffer.“), im Gymnasium werden Teilaspekte vermittelt und in der IGS darüber diskutiert („Chancen und Risiken angewandter Genetik“) ...

Warum bringt das Schulbiologiezentrum dann überhaupt noch etwas – und das auch noch zum wiederholten Male - zur „Genetik“ und zu „Mendel“ heraus?

Weil wir nach wie vor der Meinung sind, dass Diskussionen um das Für und Wider der Gentechnik in einer aufgeklärten Gesellschaft nur sinnvoll sind, wenn man die Grundprinzipien der Vererbung (also der Weitergabe genetischer Informationen) versteht und weil wir nach wie vor eine Fülle von Material anbieten die diese Prinzipien auch verständlich machen.

Insofern verstehen wir uns als wenig anpassungsfreudiger, „rezessiver“, dem zur Zeit gültigen „dominanten“ Zeitgeist zuwiderlaufenden Anbieter der, die Mechanismen der Evolution im Auge behaltend, eine „Reserve“ für eine möglicherweise veränderte Zukunft bereithält.

Die klassische Mendel-Genetik wird – soweit „modernere“ Stoffpläne sie nicht gänzlich aus dem Biologieunterricht verbannt haben – meistens recht theoretisch in Form von Kreuzungs-Schemata abgehandelt.

Das Schulbiologiezentrum Hannover bot und bietet eine Reihe von Möglichkeiten an, die mendelschen Gesetzmäßigkeiten durch Anschauung und Experimente praktisch zu erleben: Dazu gehören – zum Untersuchen - die jedes Jahr neu aufgepflanzten Mendelbeete im Themengarten Genetik und Evolution, die ausleihbaren Pflanzenlieferungen Senecio und Kalanchoe (Eltern und intermediärer Bastard) und die Reihen „bunter“ Maiskolben.

Zum Experimentieren stellen wir 5 Stämme der Fruchtfliege Drosophila bereit die durch eine umfangreiche Arbeitshilfe mit Bildmaterial zur Präsentation von Erbgängen unterstützt wird.

Eine Genetik-Kiste enthält Materialien die Ihren Schülern ermöglichen selbst monohybride und dihybride Kreuzungsschemata zu entwickeln zum Beispiel der Blick auf den zukünftigen „Traumpartner“ (arm/reich / hässlich/schön) mit Hilfe von Münzenwerfen.

Der zufällige Charakter der genetischen Kombination lässt sich z.B. sehr spielerisch mit paarweise verbindenden roten und weißen Kugeln erfahren („Gen-Lotto“)

Das Teilthema Selektion decken wir z.B. mit dem „Evolutionsspiel“ und dem „Industriemelanismus des Birkenspanners“ ab der als weißflügeliger Schmetterling vor dem Hintergrund durch Ruß geschwärzter Birkenrinde ein Opfer von Fressfeinden wurde.

Zwergfußriesen und Riesenfußzwerge gibt es natürlich nicht wirklich aber wir hoffen, mit einem märchenhaften Rahmen erneutes Interesse an diesem Teilthema der Genetik zu wecken.

Beide, Zwergfußriesen und Riesenfußzwerge pflanzen sich zunächst nur vegetativ wie das Brutblatt Kalanchoe fort. Wir halten für das Thema „vegetative Vermehrung“ eine eigene Pflanzenlieferung für Sie bereit.

Der Nachteil der vegetativen Fortpflanzung ist, dass die Abkömmlinge den Eltern identische Klone sind, so wie aus einer in die Erde gelegte Linda-Kartoffel stets Linda-Kartoffeln hervorgehen.

Solch stabile Verhältnisse können leicht zum Nachteil werden wenn sich die Rahmenbedingungen ändern.

Im Falle der Zwergfußriesen und Riesenfußzwerge wird ihre Schwerfälligkeit zur Bedrohung als Drachen ihre „Reiche“ bedrohen. Beide können die Drachen nicht bekämpfen und auch nicht vor ihnen weglaufen.

Bis zu der zufälligen Zusammenkunft einer Zwergfußriesin und eines Riesenfußzwerkes...

Das Ergebnis ihres sexuellen Tuns gibt Anlass zur Hoffnung, bringt es doch die Anlagen für Riesen- bzw. Zwergwuchs und Riesen- bzw. Zwergfüßigkeit auf eine neue vorteilhafte Weise zusammen.

Darüber was sich am Ende ihrer Schwangerschaft in der **1. Filialgeneration** einstellt kann man zunächst spekulieren.

Setzen sich die Gene für „Riesenwüchsigkeit“ und „Riesenfüßigkeit“ durch oder für „Zwergenwuchs“ und „Zwergenfüßigkeit“? Dies entspräche einem **dominant-rezessiven Erbgang**.

Oder wird der Nachwuchs – dem **intermediären Erbgang** folgenden „Normalfußnormalo“? Sind die sich nach und nach einstellenden Geschwister alle gleich (**Uniformitätsregel**) oder verschieden (was für eine **Rückkreuzung** spricht)?

Das hängt davon ab ob die Eltern **homo- oder heterozygot** (rein- oder mischerbig) sind. Und was wird in diesen Fällen aus den Kindern der Kinder, der **2. Filialgeneration**? Hier lässt sich die **Spaltungsregel** und die **Regel von der Neukombination** der Gene erfahren.

Ohne schon Details zu verraten: Aus den der Langsamkeit frönenden schnaufenden Zwergfußriesen und Riesenfußzwerge wird nach der „Entdeckung der Sexualität“ eine bunte Vielfalt, die auch an spaßigen sprachlichen Kombinationen einiges bereithält.

Lässt man die „freie Liebe“ und das Prinzip „jede darf mit jedem“ zu wird man schnell entdecken, dass sich hinter gleichen **Phänotypen** verschiedene **Genotypen** verstecken, die bei Verpaarung zu ganz unterschiedlichen Konsequenzen führen. Das scheinbare Chaos allerdings lässt sich durchaus zu Regeln verdichten...

Damit Sie sich die Welt der Zwerge und Riesen besser vorstellen können haben wir sie am Computer gezeichnet und drucken sie hier ab.

Vielleicht finden wir noch einmal einen talentierten Zeichner der die Fabelwesen noch besser in Szene setzt...

Ihre Schüler können die Figuren ausschneiden, sie phantasievoll miteinander verpaaren („kreuzen“) und darstellen was dabei herauskommt.

Natürlich kann man sie auch aus (vielleicht selbst gemachter) Knetmasse formen!

Wer wird den Angriff der Drachen überleben? Wer kann flüchten oder werden gar die Drachen in die Flucht geschlagen?

Und: Wird das Drachen-Problem durch die „Entdeckung der Sexualität“ dauerhaft gelöst?

Nach der Vorstellung des „Problems“, bei der wir auch sprachlich die Form eines offen gelassenen Märchens gewählt haben können die Schüler die Zukunft der Zwerge und Riesen selbst gestalten und präsentieren.

Das kann von ganz einfachen Formen über Punnett-Schemata bis zur mathematischen Formulierung von Allelfrequenzen (Hardy-Weinberg) gehen.

Der Vorteil bei der Mendel-Genetik ist: Wenn man das Prinzip einmal begriffen hat ist eigentlich alles ganz logisch und damit auch für alle überprüfbar.

Zur Vereinfachung fügen wir beispielhaft einige Lösungen bei.
Da aber offen bleibt, wer sich mit wem verpaaren wird, gibt es eine Vielzahl von Wegen und Lösungen.

Wir knüpfen an die „Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen“ die Hoffnung, dass die fabelhafte, zum Teil nicht so ganz ernst daherkommende Problematik Ihren Schülern dabei helfen möge, ihrer eigenen Sexualität einen zusätzlichen biologischen Aspekt hinzuzugewinnen.

Denn:

Jeder weiß, **wie** es geht und dass es viel Spaß machen kann,
aber kaum einer, **warum** (und schon so lange selbst bei Algen und Pilzen) es Jungs und Mädchen gibt und der Weg zum Nachwuchs so kompliziert sein muss...

Ingo Mennerich, Hannover/Sylt, Oktober 2012

Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen

In einem Land, weit weg von hier, lebte ein Volk von Zwergen. Es hätte ihnen an nichts gefehlt und sie hätten glücklich in den Tag hinein leben können, hätte es da nicht etwas gegeben, was die Zwerge bedrückt hätte:

Sie waren, ungeachtet ihrer zwerghaften Erscheinung mit riesenhaften Füßen ausgestattet, mit Füßen so groß, dass die Kraft ihrer kleinen Körper nicht ausreichen wollte, auch nur einen Schritt vor den anderen zu setzen. Daher verharrten sie von Geburt an auf ihren angestammten Plätzen, kleinen dicken Bäumen gleich, die sich ja, wie allgemein bekannt, stets auch nur dort aufhalten, wo Luft und Wasser ihren Samen hingetragen haben. Selten, sehr selten kam es vor, dass sich mal ein Riesenfußzweig oder eine Riesenfußzweigin unter schwerem, lautem Schnaufen ein paar Meter von diesem Ort entfernte.

So erfuhr das Volk der Zwerge mit den riesigen Füßen auch nichts von dem nahe gelegenen Reich der mächtigen Riesen. Auch diesen hätte an nichts gefehlt und auch sie hätten glücklich in den Tag hinein leben können wenn es da nicht etwas gegeben hätte was die Riesen bedrückt hätte: Sie waren, ungeachtet ihrer riesenhaften Erscheinung mit winzigen, zwerghaften Füßen ausgestattet, Füßen so winzig, dass diese den auf ihm lastenden Körper nicht zu halten vermochten, was - pardaus - stets dazu führte, dass sich ein Riese, wollte er sich erheben, unverzüglich wieder umfiel. Dass das Volk der Zwergfußriesen keine großen Entdeckungsreisen unternahm, sondern das Leben großen eiszeitlichen Findlingen gleich ausschließlich liegend verbrachte wird sich jeder gut vorstellen können. Jedenfalls hörte man nur selten einmal, dass sich ein Zwergfußriese, wohl auf dem Bauch rutschend sich ein paar hundert Meter weit bewegte.

Nun begab es sich aber, dass eine große Furcht über beide Reiche hineinbrach: Riesige Feuer speiende und gefräßige Drachen zogen über das Land und fraßen und vernichteten alles, was ihnen in den Weg kam und nicht schnell genug das Weite suchen konnte...

Nun verhielt es sich im Lande der Riesenfußzwerge so, dass die Kinder stets mit riesigen Füßen geboren wurden und es auch den Kindeskindern, Kindeskindeskindern, Kindeskindeskindeskindern und Kindeskindeskindeskindeskindeskindern nicht anders erging. Und Kinder gab es reichlich im Land der Riesenfußzwerge: Das Erschaffen von Kindern war nämlich stets mit großem gemeinsamen Spaß und einer großer Lust verbunden: Wenn sich zwei Riesenfußzwerge mochten und beschlossen hatten, Kinder in die Welt zu setzen, rubbelten sie sich gegenseitig an ihren Bäuchen und bewegten ihre Füße so gegeneinander, dass sich stets etwas, und nur etwas, von der Oberfläche der Haut ihrer Bäuche und ihrer Füße ablöste. Das führte bei beiden zu einem wunderbaren, einem starken Kitzeln ähnlichen Gefühl und so war es kein Wunder, dass das Land der Riesenfußzwerge nachts von lautem Gegluckse, Quietschen und eigenartigen Schnarren erfüllt war. Dann spuckten die sich liebenden Riesenfußzwerge und Riesenfußzweiginen gemeinsam in einen Napf, rührten das von Bauch und Fuß Abgeriebene in die Flüssigkeit hinein und setzten einen dicht schließenden Deckel auf den Napf.

16 Monate lang garte die Flüssigkeit wie ein mit Hefe angesetzter Brotteig, dann hob sich der Deckel und ein winziges, sich die Augen reibendes junges Riesenfußzweglein erblickte das Licht dieser Welt, etwas verwundert darüber, dass auch seine Füße, dem restlichen Körper so ungleich, so groß waren. Und fiel danach gleich um...

Im Lande der Zwergfußriesen verhielt es sich ähnlich, nur ging es, da es sich ja um Riesen handelte, noch wilder, kraftvoller und lauter zu, weswegen ich Euch, den geneigten Hörern dieser Geschichte, jede Peinlichkeit ersparen und auf die Schilderung von Einzelheiten verzichten möchte.

Gesagt sei aber, dass auch die jungen Zwergfußrieslein mit den winzigen Füßen ihrer Eltern zur Welt kamen, unmittelbar nach der Geburt umfielen und für den langen Rest ihres Lebens dort verharren mussten.

Doch während sich die Volker der Zwergfußriesen und der Riesenfußzwerge mit Freuden dem Nachwuchs (und der lustvollen Erzeugung desselben) widmete, zogen dunkle Wolken über beiden Reichen auf, denn die Drachen waren gefräßig und setzten feuerspeiend immer größere Teile beider Reiche in Brand.

Da aber geschah es, dass sich an der Grenze der beiden, von den Drachen umzingelten Länder ein Zwergfußriesenweib und ein Riesenfußzwergermann trafen und...

Und hier bricht die Erzählung leider ab...

Vielleicht magst du die Geschichte zu Ende erzählen?

Wie geht es weiter?

Was geschieht wenn man eine männliche weiße Maus mit einem schwarzen Mäuseweibchen alleine lässt?

Lassen Sie Ihre Schüler frei spekulieren und Umrisszeichnungen von Mäusekindern ausmalen. Lassen Sie die Zeichnungen in einen Kasten werfen der so lange geschlossen bleibt bis sich der Nachwuchs einstellt.

Werden die Mäusekinder grau? Oder gestreift wie Zebras? Werden sie so aussehen wie unsere „schwarzbunten“ Kühe? Oder werden sie alle weiß,...oder schwarz? Oder wird es weiße und schwarze Geschwister geben?

„Wetten das...?“

Die „Hypothese“ lässt sich leicht durch die Praxis überprüfen („verifizieren“): Das Schulbiologiezentrum Hannover stellt Ihnen weiße und schwarze Mäuse zur Verfügung, oder wenn Ihnen die Zeit für das etwa drei Wochen dauernde fehlt, auch gerne einen Mäuse-Clan mit schwarzen Müttern, einem weißen Mäuse-Bock und vielen Mäusebabys.

Die Mäusebabys sind alle schwarz.

Das Gen „schwarz“ ist also dominant (es setzt sich durch), „weiß“ ist rezessiv („unterlegen“). In diesem Fall gibt es kein „dazwischen“ (also keine grauen Kinder). Aber hätte es nicht auch anders sein können?

Wir lassen bei den Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen beide Alternativen zu, die „dominant-rezessive“ und die „intermediäre“.

Sie führen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen....

Dominant-rezessiver dihybrider Erbgang:

Aus Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen werden Riesenfußriesen und Zwergfußzwerge...

P



X



rr FF (zwerGWüchsig, riesenfüßig)

RR ff (riesenwüchsig, zwergfüßig)

$$\frac{r}{r} \quad \frac{F}{F}$$

$$\frac{R}{R} \quad \frac{f}{f}$$

Keimzellen

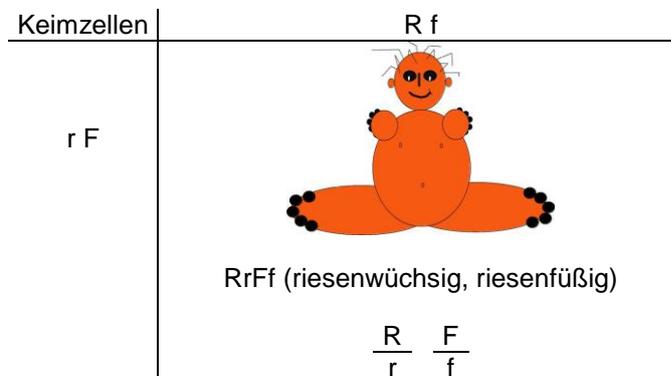
Keimzellen

rF	rF	rF	rF
----	----	----	----

Rf	Rf	Rf	Rf
----	----	----	----

F1

(1. Mendelsches Gesetz: Uniformitätsregel)



F1

untereinander gekreuzt:

X

RrFf (riesenwüchsig, riesenfüßig)

RrFf (riesenwüchsig, riesenfüßig)

$$\frac{R}{r} \quad \frac{F}{f}$$

$$\frac{R}{r} \quad \frac{F}{f}$$

Keimzellen

Keimzellen

RF	Rf	rF	rf
----	----	----	----

RF	Rf	rF	rf
----	----	----	----

F2 (3. Mendelsches Gesetz: Neukombination der Gene)

	RF	Rf	rF	rf
RF				
	$\frac{R}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{F}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{f}$
Rf				
	$\frac{R}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{f}$
rF				
	$\frac{r}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{F}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{f}$
rf				
	$\frac{r}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{f}$

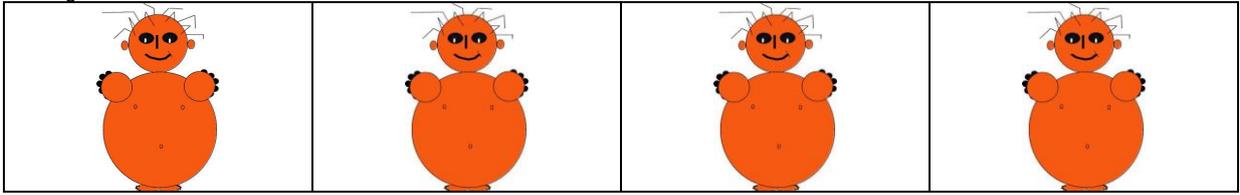
Auf diese Weise entsteht neben Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen etwas ganz Neues:

Riesenfußriesen und Zwergfußzwerge!

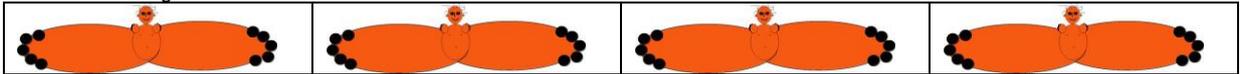
Die einen können die Drachen vernichten, die anderen vor ihnen davonlaufen!

Ausschneidebogen (dominant-rezessiver Erbgang)

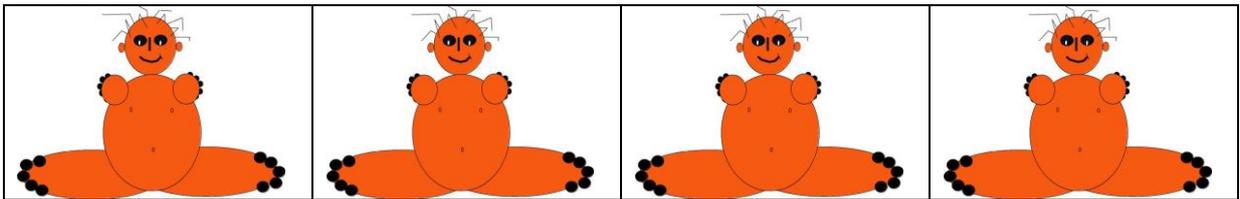
Zwergfußriesen



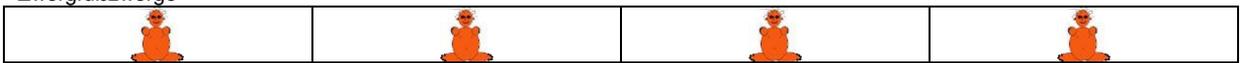
Riesenfußzwerge



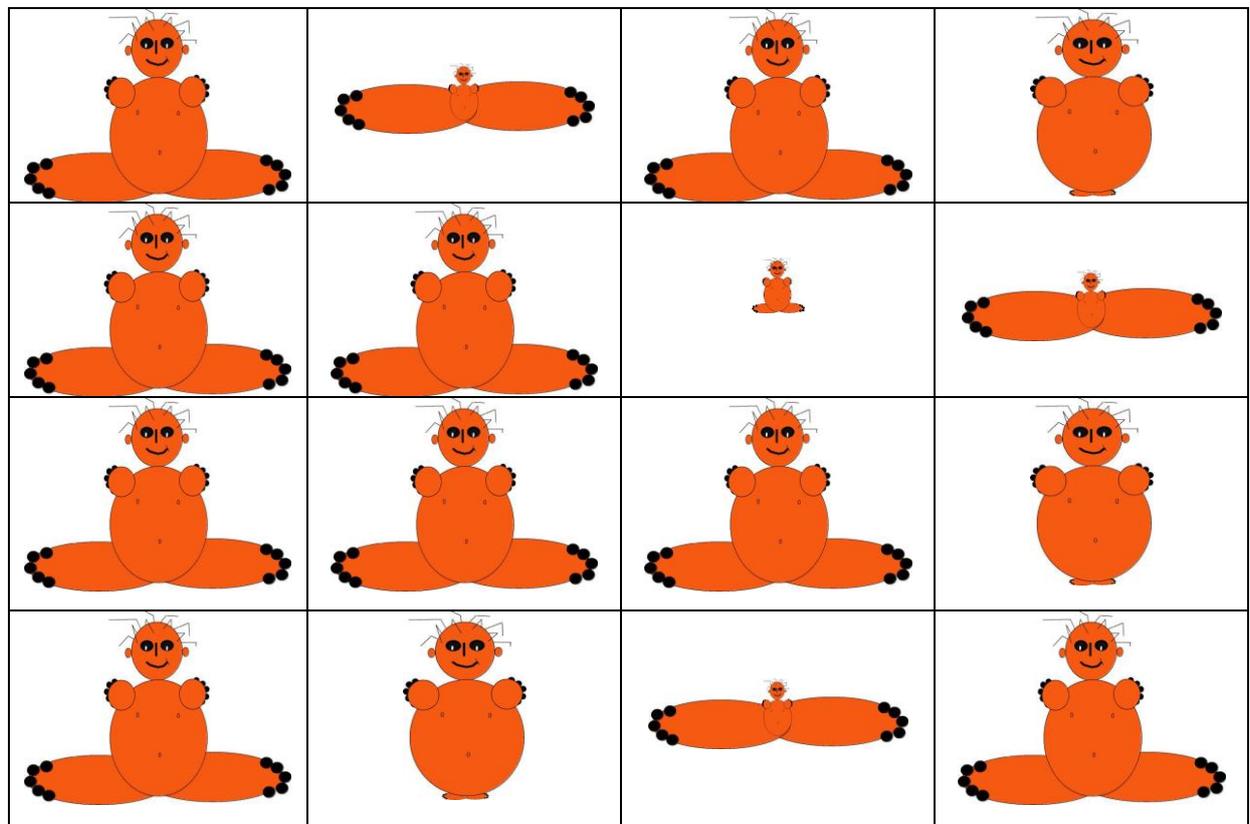
Riesenfußriesen



Zwergfußzwerge



Und der ganze Zoo...



Dominant-rezessiver dihybrider Erbgang:

Aus Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen werden Riesenfußriesen und Zwergfußzwerge...

LÖSUNG

P



X



rr FF (zwerGWüchsig, riesenfüßig)

RR ff (riesenwüchsig, zwergfüßig)

$$\begin{array}{c} r & F \\ r & F \end{array}$$

$$\begin{array}{c} R & f \\ R & f \end{array}$$

Keimzellen

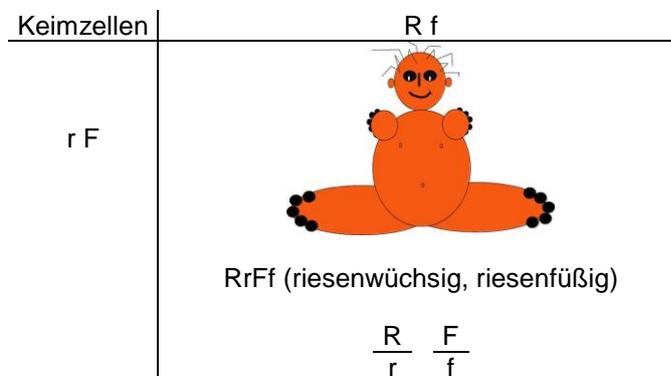
Keimzellen

rF	rF	rF	rF
----	----	----	----

Rf	Rf	Rf	Rf
----	----	----	----

F1

(1. Mendelsches Gesetz: Uniformitätsregel)



F1

untereinander gekreuzt:



X



RrFf (riesenwüchsig, riesenfüßig)

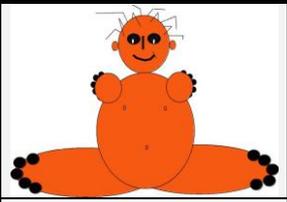
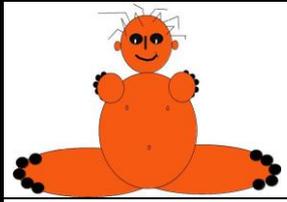
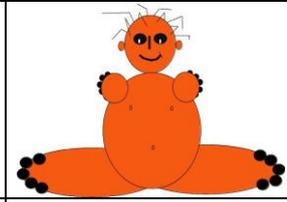
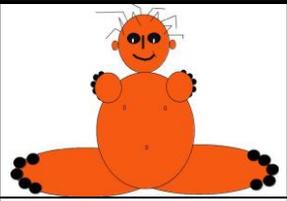
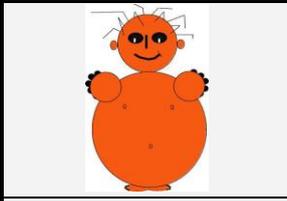
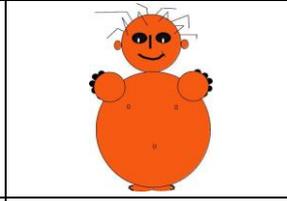
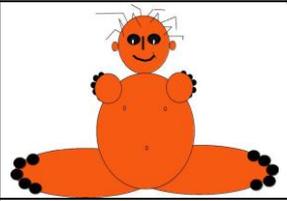
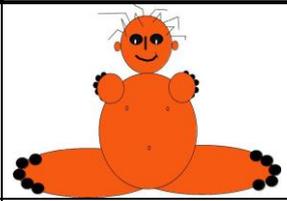
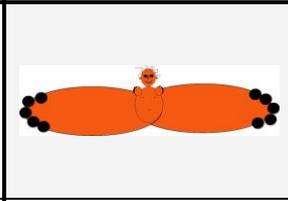
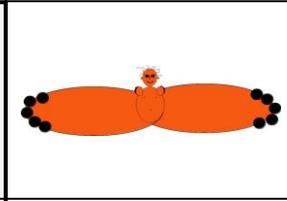
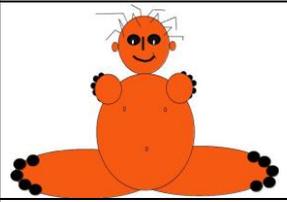
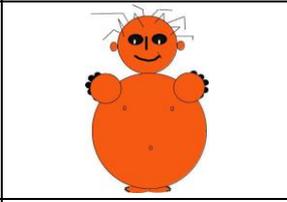
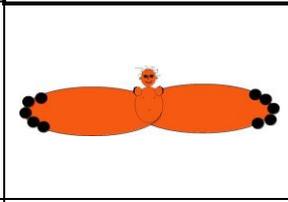
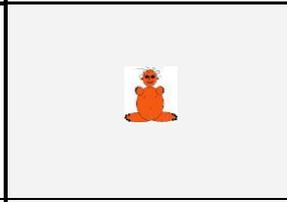
RrFf (riesenwüchsig, riesenfüßig)

$$\begin{array}{c} R & F \\ r & f \end{array}$$

$$\begin{array}{c} R & F \\ r & f \end{array}$$

Keimzellen				Keimzellen			
RF	Rf	rF	rf	RF	Rf	rF	rf

F2 (3. Mendelsches Gesetz: Neukombination der Gene)

	RF	Rf	rF	rf
RF				
	$\frac{R}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{f}$
Rf				
	$\frac{R}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{f}$
rF				
	$\frac{r}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{F}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{f}$
rf				
	$\frac{r}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{f}$

Auf diese Weise entsteht neben Riesenfußzweigen und Zwergfußriesen etwas ganz Neues:

Riesenfußriesen und Zwergfußzwerge!

Die einen können die Drachen vernichten, die anderen vor ihnen davonlaufen!

Die Wahrscheinlichkeit dass Riesenfußriesen, Zwergfußriesen, Riesenfußzwerge oder Zwergfußzwerge auftreten beträgt

9 : 3 : 3 : 1

Die Nachkommen in der Diagonalen (grau unterlegt) sind homozygot, alle anderen heterozygot

Intermediärer dihybrider Erbgang:

Aus Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen werden Normalfußnormalos und...

P



rr FF (zergwüchsig, riesenfüßig)

$$\begin{array}{c} r & F \\ r & F \end{array}$$

Keimzellen

rF	rF	rF	rF
----	----	----	----

X



RR ff (riesenwüchsig, zergfüßig)

$$\begin{array}{c} R & f \\ R & f \end{array}$$

Keimzellen

Rf	Rf	Rf	Rf
----	----	----	----

F1

(1. Mendelsches Gesetz: Uniformitätsregel)

Keimzellen	R f
r F	 RrFf (normalwüchsig, normalfüßig) $\begin{array}{c} r & f \\ R & F \end{array}$

F1

untereinander gekreuzt

X

RrFf (normalwüchsig, normalfüßig)

$$\begin{array}{c} R & F \\ r & f \end{array}$$

RrFf (normalwüchsig, normalfüßig)

$$\begin{array}{c} R & F \\ r & f \end{array}$$

Keimzellen

Keimzellen

RF	Rf	rF	rf
----	----	----	----

RF	Rf	rF	rf
----	----	----	----

F2**(3. Mendelsches Gesetz: Neukombination der Gene)**

Keimzellen	RF	Rf	rF	rf
RF				
	$\frac{R}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{F}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{f}$
Rf				
	$\frac{R}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{f}$
rF				
	$\frac{r}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{F}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{f}$
rf				
	$\frac{r}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{f}$

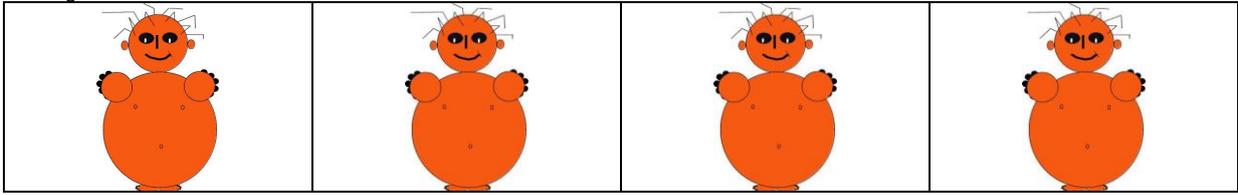
Auf diese Weise entsteht neben Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen etwas ganz Neues: Riesenfußriesen und Zwergfußzwerge! Die einen können die Drachen vernichten, die anderen vor ihnen davonlaufen!

Und dann gibt es noch: Normalfußriesen, Normalfußzwerge, Riesenfußnormalos, Zwergfußnormalos, und natürlich Normalfußnormalos...

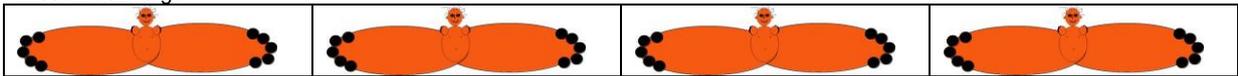
Wer überlebt die Invasion der Drachen?

Ausschneidebogen (Intermediärer Erbgang)

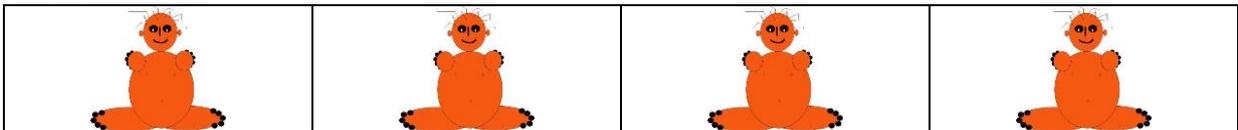
Zwergfußriesen



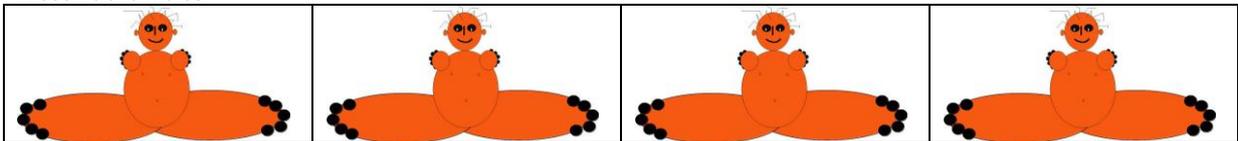
Riesenfußzwerge



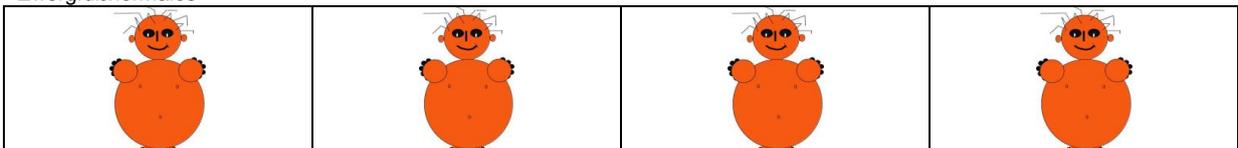
Normalfußnormalos



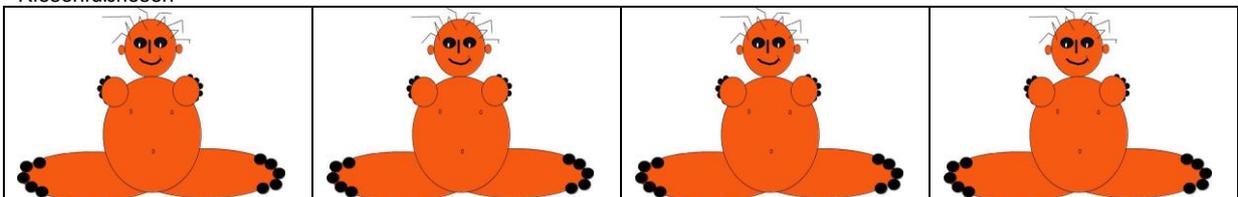
Riesenfußnormalos



Zwergfußnormalos



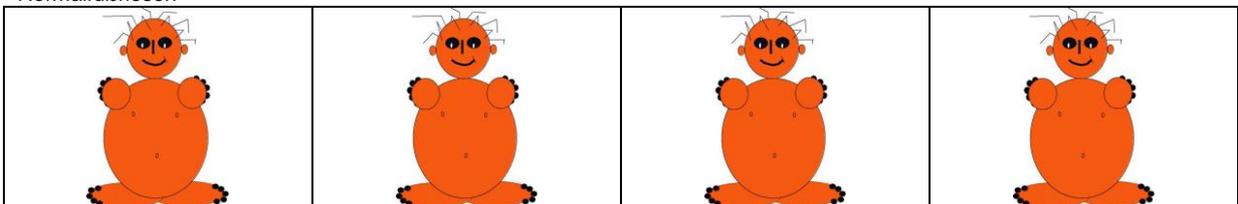
Riesenfußriesen



Zwergfußzwerge



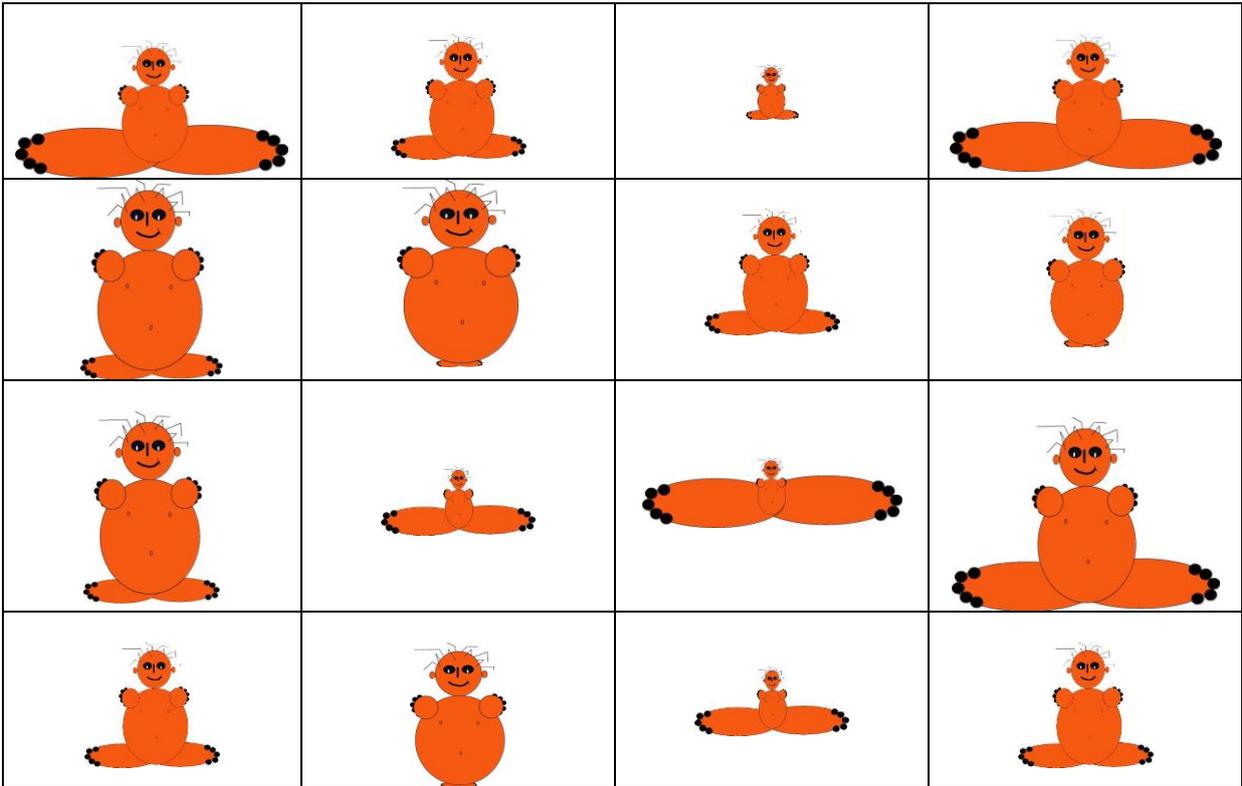
Normalfußriesen



Normalfußzwerge



Und der ganze Zoo...



Intermediärer dihybrider Erbgang:

Aus Riesenfußzwerge und Zwergfußriesen werden Normalfußnormalos und...

LÖSUNG

P



rr FF (zergwüchsig, riesenfüßig)

$$\begin{array}{c} r & F \\ r & F \end{array}$$

Keimzellen

rF	rF	rF	rF
----	----	----	----

X



RR ff (riesenwüchsig, zergfüßig)

$$\begin{array}{c} R & f \\ R & f \end{array}$$

Keimzellen

Rf	Rf	Rf	Rf
----	----	----	----

F1

(1. Mendelsches Gesetz: Uniformitätsregel)

Keimzellen	R f
r F	 RrFf (normalwüchsig, normalfüßig) $\begin{array}{c} r & f \\ R & F \end{array}$

F1

untereinander gekreuzt



RrFf (normalwüchsig, normalfüßig)

$$\begin{array}{c} R & F \\ r & f \end{array}$$

Keimzellen

RF	Rf	rF	rf
----	----	----	----

X



RrFf (normalwüchsig, normalfüßig)

$$\begin{array}{c} R & F \\ r & f \end{array}$$

Keimzellen

RF	Rf	rF	rf
----	----	----	----

F2

(3. Mendelsches Gesetz: Neukombination der Gene)

Keimzellen	R F	R f	r F	r f
R F				
	$\frac{R}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{F}{f}$
R f				
	$\frac{R}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{R}{r} \frac{f}{f}$
r F				
	$\frac{r}{R} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{F}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{F}{f}$
r f				
	$\frac{r}{R} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{R} \frac{f}{f}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{F}$	$\frac{r}{r} \frac{f}{f}$

Auf diese Weise entsteht neben Riesenfußzwergeren und Zwergfußriesen etwas ganz Neues: Riesenfußriesen und Zwergfußzwerge! Die einen können die Drachen vernichten, die anderen vor ihnen davonlaufen!
 Und dann gibt es noch: Normalfußriesen, Normalfußzwerge, Riesenfußnormalos, Zwergfußnormalos, und natürlich Normalfußnormalos...

Wer überlebt die Invasion der Drachen?

Die Phänotypen treten in folgendem statistischen Verhältnis auf:
 Riesenfußriesen (1), Normalfußriesen (2), Zwergfußriesen (1), Riesenfußnormalos (2),
 Normalfußnormalos (4), Zwergfußnormalos (2), Riesenfußzwerge (1), Normalfußzwerge (2),
 Zwergfußzwerge (1), also

1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1

Die Nachkommen in der Diagonale (grau unterlegt) sind homozygot, alle anderen sind heterozygot.