

Erlesene Kartoffelsorten



Lernziele und Kompetenzen:

- Die Schülerinnen und Schüler
- wiederholen Vorgänge und Begriffe der Meiose und Bestäubung;
 - lesen Sachtexte zur angewandten Genetik bei der Kartoffelzucht;
 - vergleichen wichtige Eigenschaften mehrerer Speisesorten;
 - beschriften das Prinzip der Kombinations- und Auslesezüchtung.

Fach: Biologie (ab 9. Klasse) zu den Themen Vererbungslehre, Molekulargenetik, Züchtungsmethoden und Gentechnik

Wie Anabelle, Gunda & Co. entstehen

In Deutschland sind laut der Liste des Bundessortenamtes über 200 Kartoffelsorten für die verschiedenen Verwendungszwecke zugelassen. Jährlich kommen etwa zehn neue Sorten auf den Markt, die gewünschte Merkmale anders oder gar besser in sich vereinen. Doch wie züchtet man eine neue Sorte? Und welche Merkmale sind wichtig?

Sachinformation:

Kartoffeln nach Maß

Kartoffeln werden weltweit angebaut und tragen maßgeblich zur Welternährung bei. Von den über 5.000 Kartoffelsorten wächst aber z.B. nicht jede in den Bergen genauso gut wie an der Küste und nicht überall drohen die gleichen Krankheiten und Schädlinge. Außerdem verändert sich die Umwelt und die Menschen stellen unterschiedliche Ansprüche an die Knolle. Daher braucht es diese Vielfalt an alten und stetig neuen Sorten.

Vielfältiges Kartoffelgenom

Die Kartoffel besitzt wohl die größte genetische Breite aller Kulturarten. Genbanken verwahren und vermehren Tausende alte und aktuelle Sorten und Zuchtstämme als Reserve für die Zukunft, um die biologische Vielfalt zu erhalten. Die DNA der Kartoffel umfasst mehr als 840 Millionen Basenpaare, die bis 2011 fast alle entschlüsselt wurden. Die Zellkerne einer Kulturkartoffel sind tetraploid, d.h. sie enthalten die DNA in vier Sätzen mit je zwölf Chromosomen. Jedes Gen bzw. Merkmal kommt also in vierfacher Ausführung, sprich mit bis zu vier Merkmalsausprägungen (Allelen) vor. Die daraus gebildeten Geschlechtszellen sind diploid (→ Meiose). Daraus ergeben sich bei der Bestäubung viele mögliche Kombinationen von Allelen, die Kartoffel ist also hochgradig mischerbig. Zudem werden Qualitätseigenschaften und Resistenzen gegen Krankheiten nicht durch ein einziges Kartoffelgen, sondern durch mehrere Gene kodiert. Das macht

es für den Züchter sehr kompliziert, die vielen gewünschten Eigenschaften (über 40 Merkmale) in einer Sorte zu vereinen. Die Züchtung braucht also eine genaue Planung und viel Zeit.

Merkmale kreuzen

Das bis heute überwiegend von den Pflanzenzuchtbetrieben angewendete Verfahren ist die Kombinations- und Auslesezüchtung. Zunächst wählt der Züchter je eine genau untersuchte „Vater“- und „Mutter“-Sorte nach ihren Eigenschaften aus (P-Generation). Er kreuzt sie, indem er die Blüten der Mutterpflanze mit den Pollen des Vaters bestäubt (Einfachkreuzung).

Die Mutterpflanzen bilden nach der Befruchtung kirschgroße, grüne Beeren mit weit über 100 Samen. Jeder Same enthält das komplette Erbgut der beiden mischerbigen Eltern.

Die Samen werden ausgesät und die daraus wachsenden Pflanzen (F1-Generation) bilden wieder Blüten mit Geschlechtszellen mit halbiertem Chromosomensatz (→ Meiose). Erst dieser Vorgang verteilt die Allele der P-Generation neu kombiniert auf die Nachkommen. Die nach der Bestäubung gebildeten Samen der F1-Pflanzen für die F2-Generation enthalten daher verschiedene Genotypen, davon wenige mit der gewünschten

Wichtige Eigenschaften und Zuchtziele einer Kartoffelsorte:

Anbau	Ansprüche an Klima (Niederschläge, Temperatur, Tagesdauer)	→ bessere Wachstumsbedingungen
	Ansprüche an Boden (z.B. Struktur, Nährstoffgehalt/Düngung)	
	Resistenz ggü. Schädlingen, Pilzen und Bakterien (z.B. Fäule, Schorf, Fadenwürmer)	→ geringer Bedarf an Pflanzenschutzmittel
	Ertragsleistung (Knollenanzahl, -größe und -qualität)	→ relativ hohe, gute, sichere Erträge auf begrenzter Fläche
	Ertragssicherheit (stabile Erträge trotz ungünstigen Wetters usw.)	
Verarbeitung & Verzehr	Eignung für maschinelle Ernte und Verarbeitung (z.B. feste Schale)	→ geringe Nachernteverluste
	Lagerfähigkeit	
	Knollenform (und -farbe)	→ vielfältiger Kartoffelgenuss und Nährwert
	Inhaltsstoffe der Knollen (z.B. Stärke, Eiweiß, Mineralien)	
	Koch- und Verarbeitungseigenschaften (Kartoffelgerichte, Produkte wie Chips)	
	Geschmack	

Link- und Literaturtipps:

- ➔ Anknüpfende Themen in vorherigen Ausgaben von lebens.mittel.punkt: u.a. Heft 2 (Biologische Vielfalt), 8 (Pflanzenzüchtung) und Heft 16 (Interview Pflanzenzüchter).
- ➔ www.die-kartoffel.de
- ➔ i.m.a-Lernzirkel „Expeditionen auf den Kartoffelacker“ (insb. Station 1)
- ➔ i.m.a-Unterrichtsmappe „Die Kartoffel“ (insb. Seite 38 ff.)
- ➔ aid-Broschüre „Grüne Gentechnik“ (Nr. 3273)

Weitere Infos zu den Materialien auf Seite 38

Merkmalkombination (→ Mendelsche Gesetze). Der Züchter sät sie aus, zieht daraus die F₂-Pflanzen groß, die sich auch im Erscheinungsbild (Phänotyp) unterscheiden, und erntet deren Samen (F₃-Generation), weil diese häufiger die gewünschte Merkmalkombination besitzen. Nicht zu vergessen: Der Phänotyp einer Pflanze zeigt nicht den gesamten Genotyp, es können also noch ungewünschte Allele in deren Genom stecken.

Selektion über Generationen

Auch die F₃-Samen werden wiederum zu Hunderten ausgesät. Der Züchter beurteilt die Pflanzen und ihre Knollen, sucht die besten aus und setzt nur von diesen wieder Knollen in die Erde (Selektion). Über diese vegetative Vermehrung entstehen Klone der Mutterknolle, d.h. genetisch identische Pflanzen, für weitere Prüfungen und Ausleseschritte. Um zu prüfen, welche Nachkommen z.B. die gewünschte Resistenz tragen, kann man die Pflanze bewusst dem Schädling aussetzen und deren Reaktion bzw. Ertrag untersuchen. Jedes Jahr werden so hunderte Kombinationen und junge Pflanzen herangezogen. Das Auslesen, also bis die gewünschte Kombination gefunden wurde und ihre Eignung für den Anbau bewiesen hat, dauert mehrere Generationen.

Parallel werden die Tochterpflanzen geschlechtlich weitervermehrt: Rückkreuzungen von Tochterpflanzen mit den Pollen eines Elternteils erhöhen den Anteil der Nachkommen mit dessen Allelen und verdrängen ungünstige Allele des anderen Elternteils. Für die Produktion von Saatkartoffeln betreibt man die Erhaltungszüchtung und festigt ebenfalls die positiven Eigenschaften einer Sorte. Zudem können gewünschte Merkmale einer weiteren Sorte über die Bestäubung einer Tochtergeneration eingebracht werden (Einkreuzung).

Unterstützung aus dem Labor

Bei der klassischen Selektion im Gewächshaus braucht es mehrjährige Anbauversuche, um zu erkennen, welche Nachkommen die gewünschte Allelkombinationen enthalten und welche nicht. In den letzten Jahrzehnten wurden neue Methoden und Techniken entwickelt, mit denen im Labor

die Genotypen der Pflanzen schneller und genauer getestet und gezielter gekreuzt werden können, z.B. die Marker-gestützte Selektion und die schnelle Vermehrung über Meristemkulturen. Ist der Gencode der gewünschten Allele bekannt, lässt sich dank Analyse von DNA-Proben der Keimlinge im Labor relativ schnell überprüfen, ob die Allele im Keimling vorkommen. Die Gene der Kartoffelpflanzen werden durch diese biotechnologischen Methoden nicht verändert.

Außerdem kann man Zellkerne von Kartoffeln im Reagenzglas miteinander verschmelzen lassen, um ihre Gene zu kombinieren. Sorten, bei deren Entwicklung dieses Verfahren genutzt wird, gelten nicht als gentechnisch verändert. Die am internationalen Markt erhältlichen gentechnisch veränderten Kartoffelsorten (z.B. für Stärkegewinnung) enthalten artfremde DNA. Daher ist deren Anbau und Verkauf in Deutschland nicht erwünscht und die Zulassung wird heftig diskutiert.

Neue Sorten für den Markt

Die fertige Sorte meldet der Züchter beim deutschen Bundessortenamt an. In einer dreijährigen Leistungsprüfung muss sie amtlich beweisen, ob sie bessere Eigenschaften als bisherige Sorten besitzt. Nur dann wird sie als neue Sorte unter einem bestimmten Namen zugelassen, ihr Pflanzgut vermehrt und über die Unternehmen des Kartoffelhandels an die Landwirte zum Anbau geliefert. Sie ist dann 30 Jahre das geschützte Ei-

gentum des Züchters. Insgesamt vergehen von der Kreuzung bis zum Anbau der Sorte mindestens zehn Jahre.

Von den etwa 150 zugelassenen Speisekartoffelsorten sind knapp 15 Sorten geläufig. Sie werden aufgrund verschiedener Anbaubedingungen und Geschmäcker regional angebaut: Im Nordwesten Deutschlands isst man lieber festkochende Sorten wie Belana, Princess oder Anabelle, in Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Thüringen und Sachsen mag man die vorwiegend festkochende Gala, Marabel oder Toscana. Mehligere Kartoffeln, z.B. Gunda, Miranda, Melody oder Talent, sind eher in Ostdeutschland und Bayern gefragt.

Methodisch-didaktische Anregungen:

Die Kartoffel ist bestens geeignet, um an ihr verschiedenste Aspekte der Vererbung, Züchtung und Biotechnologie zu erläutern. Die Klasse wiederholt zum Einstieg das Basiswissen anhand der Wachstumsstadien der Kartoffel: von vegetativer Vermehrung mittels Knollen (Klone) bis zur Blüte und genetischen Variation durch Bestäubung. Die SchülerInnen erfahren, dass die verschiedenen Kartoffelsorten im Handel ein Beispiel für die genetische Varianz („Sorten“) innerhalb einer Pflanzen„-art“ sind. Wie unterschiedlich und merkmalsreich die Sorten sind, erfahren sie bei der Bearbeitung von **Arbeitsblatt 1**.

Danach steht die Genetik im Fokus: Die SchülerInnen lesen die Sachinformation – komplett oder ab dem Absatz „Vielfältiges Genom“ – und beschriften das Zucht-schema auf **Arbeitsblatt 2**. Sollten sich die SchülerInnen für die biotechnologischen Methoden und die Abgrenzung zur Gentechnik interessieren, können sie dazu in einer Fülle an Material recherchieren.

Historie der Kartoffelzucht

Die Züchtung der Kartoffel begann vor etwa 6.500 Jahren: Die Ureinwohner Südamerikas kultivierten die Wildpflanze und bewirkten wohl eine erste Auslese von vorteilhaften Knollen. Mit Seefahrern kamen ab 1565 mehrere Kulturformen (Spezies) nach Europa. Ab Ende des 19. Jahrhunderts konnte man – auf Basis der Entdeckungen von Sprengel zur Bestäubung und Mendel zur Vererbungslehre – die Züchtung auf bestimmte Eigenschaften hin verstärken und Sorten durch manuelles Bestäuben zielgerichtet miteinander kreuzen.

Neben den sichtbaren Veränderungen (s. Bild) erzielten die Züchter z.B. Verbesserungen des Geschmacks, der Lagerfähigkeit und der Widerstandsfähigkeit gegen Fäule und andere Krankheiten, die ganze Ernten vernichten können.



Sorten mit Profil

Beim Einkauf im Handel entscheiden sich die KäuferInnen meist nach Kocheigenschaften und Geschmack für eine bestimmte Kartoffelsorte. Der Landwirt, der die Speise- oder Wirtschaftskartoffeln anbaut, muss bei der Wahl der Sorte noch viel mehr Merkmale beachten: Neben dem Ertrag und den von den Abnehmern gefragten inneren und äußeren Qualitätsmerkmalen sind dies Anbaueigenschaften und insbesondere Resistenzen gegen vielfältige Krankheiten und Schädlinge. Die zum Anbau ausgewählte Sorte muss die gewünschten Merkmalsausprägungen möglichst gut vereinen. Zum Vergleich der vielen zugelassenen Sorten gibt das Bundessortenamt seine Beschreibende Sortenliste heraus.

Aufgabe 1:

Die Tabelle zeigt Auszüge aus der Beschreibenden Sortenliste für drei Beispielsorten. Schau dir die Werte zu den Merkmalen an und kreise die höchsten und niedrigsten Werte ein. Wo sind die Unterschiede besonders groß? Schreibe mit eigenen Worten zu jeder Sorte ein Kurzprofil.

		Sortenname		
		Belana	Toscana	Talent
Kocheigenschaft		festkochend	vorwiegend festkochend	mehlig kochend
Stärkegehalt		niedrig bis mittel (4)	niedrig (3)	mittel (5)
Reife-/Erntezeit		früh (3)	früh bis mittel (4)	früh bis mittel (4)
Resistenz gegen	Kartoffelkrebs	keine (-)	keine (-)	von Typ 1, 2, 6
	Nematoden	von Typ Ro 1, 4	von Typ Ro 1, 4	von Typ Ro 1, 4
Anfälligkeit für	Blattroll-Virus	mittel (5)	sehr stark (9)	mittel (5)
	Y-Virus	sehr gering (1)	gering bis mittel (4)	sehr gering (1)
	Krautfäule	mittel (5)	mittel (5)	mittel (5)
Ertrag	Knollenzahl	hoch (7)	hoch (7)	mittel (5)
	Knollenertrag	mittel bis hoch (6)	hoch (7)	mittel (5)
	Übergrößen	niedrig bis mittel (4)	mittel (5)	mittel (5)
	Untergrößen	mittel (5)	niedrig (3)	niedrig (3)

Quelle: Bundessortenamt 2011 und 2013

Aufgabe 2:

Welche Sorte Kartoffeln kauft deine Familie? Recherchiere online, welche Eigenschaften diese Sorte hat:

- in der Liste unter www.bundessortenamt.de → Sorteninformationen → Beschreibende Sortenlisten → Datenbankabfrage → Suche „Kartoffel“ oder unter www.proplanta.de → Pflanzenschutz → Sorten → Suchen „Kartoffel“
- Suche online das Zuchtunternehmen, dem die Sorte gehört, und seine Internetseite. Wie wird die Sorte dort beschrieben?

Aufgabe 3:

Warum ist es nachhaltig, wenn eine Sorte widerstandsfähig ist und gute, sichere Erträge bringt?

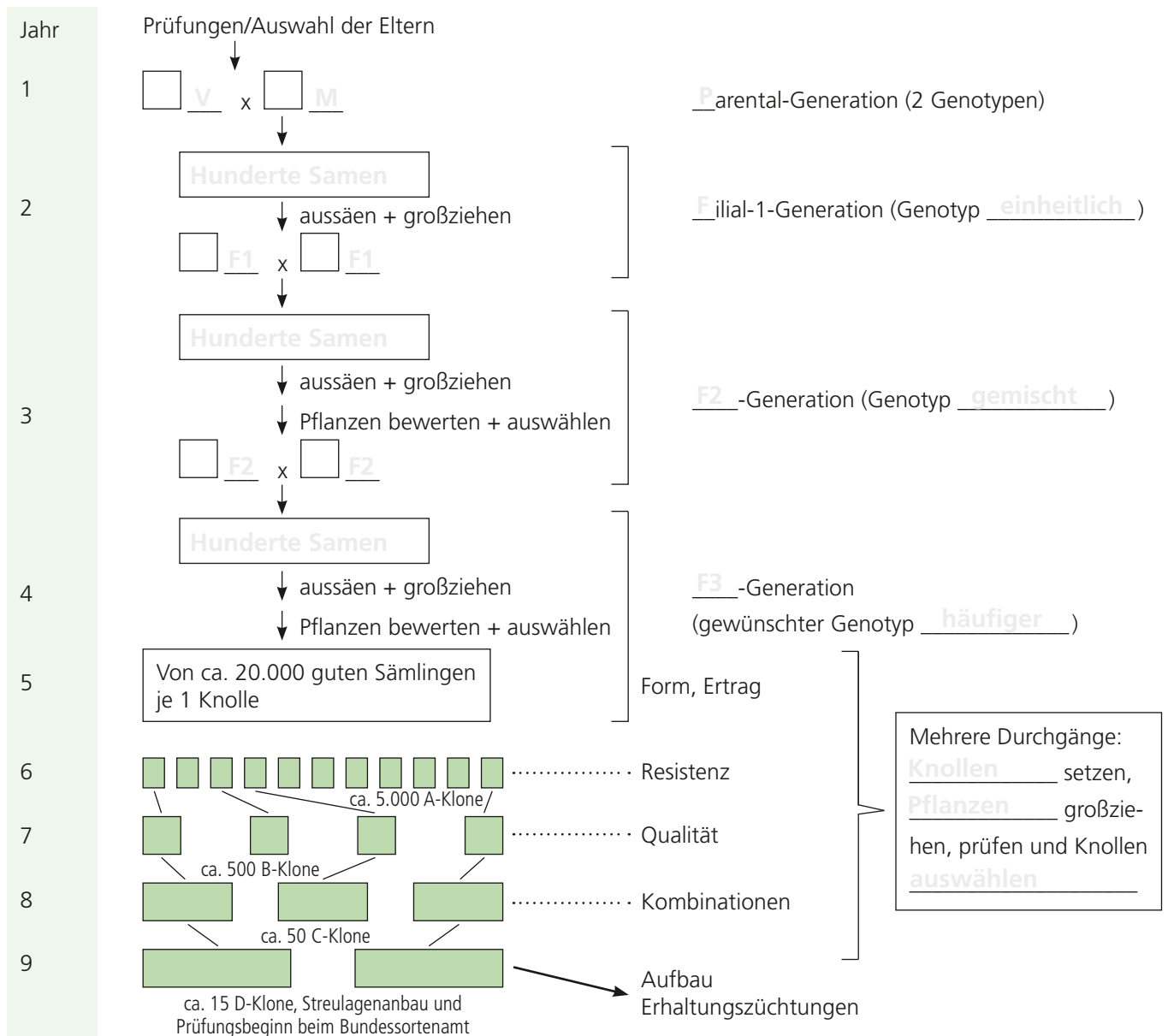
weniger Pflanzenschutzmittel, bessere Knollenqualität für Verbraucher

und Weiterverarbeiter, Beitrag zur Welternährung, Einkommen Landwirt

Das Prinzip der Kombinations- und Auslesezüchtung

Aufgabe 1:

Lies den Textabschnitt „Merkmale kreuzen“ und „Selektion über Generationen“ und markiere dir die zentralen Fachbegriffe. Beschrifte anschließend das folgende Schema.



Aufgabe 2:

Hast du alles verstanden? Sonst lies Fachbegriffe in deinem Schulbuch nach oder frage deine(n) Sitznachbar(i)n um Hilfe. Wie hat er/sie das Schema beschriftet?

Aufwendig, aber erfolgreich:

Die Eltern können auch Wildarten der Kartoffel aus Südamerika sein. Sie sind zwar diploid mit je zwölf Chromosomen pro Satz, doch über aufwendige Verfahren lässt sich die unterschiedliche Chromosomenzahl beheben, sodass eine Kreuzung möglich ist. Etwa 80 Prozent der deutschen Kartoffelsorten besitzen Resistenzgene gegen Krankheiten und Schädlinge, die aus Wildkartoffeln eingekreuzt wurden!