

Physiologische Eigenschaften von Kartoffelsorten und Konsequenzen für die Produzenten

Emilie Carrera, Gaétan Riot, Werner Reust, Jean-Paul Dutoit, Jean-Marie Torche und Brice Dupuis
Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 1260, Nyon, Schweiz

Auskünfte: Brice Dupuis, E-Mail: brice.dupuis@agroscope.admin.ch



Abkeimversuch in La Frêtaz. (Foto: Gaétan Riot)

Einleitung

Die Schweizerische Sortenliste für Kartoffeln 2015 umfasst 32 empfohlene Sorten (Schwärzel *et al.* 2014). Die Physiologie dieser Sorten ist durch zwei aufeinanderfolgende Phasen geprägt: die Keimruhe und die Inkubationsdauer. Die Dauer der beiden Phasen ist charakteristisch für jede Sorte. Die Entwicklung der Kartoffel beginnt mit der Bildung der Knolle. Sobald diese Knolle gebildet ist, tritt sie in die erste Phase ein, während der sie nicht keimt. Diese Keimruhe besteht ihrerseits aus zwei aufeinanderfolgenden Zeiträumen. Der erste Zeitraum ist die Endodormanz, während der die Knolle unabhängig von den Bedingungen nicht keimen kann. Im zweiten Zeitraum kann die Dormanz mit geeigneten Lagerungsbedingungen, welche die Keimung verzögern (Temperatur zwischen 4 und 10 °C), künstlich aufrecht erhalten werden (Rousselle *et al.* 1996; Martin und Gravouille 2001). Nach Ablauf dieses Zeitraums wird die Keimung eingeleitet und die Knolle tritt in die Inkubationsperiode ein, während der sich die Knollen-

keime strecken. Zuerst ermöglichen die Stärkereserven der Kartoffel das Wachstum der Keime. Nach dem Auflaufen stellen dann die Blätter die erforderliche Energie durch Photosynthese bereit (Mazoyer 2002).

Kennzeichnend für die Sorten ist ihre Alterung, die als das Fortschreiten des physiologischen Alters der Knolle bezeichnet werden kann (Delaplace 2007). Das physiologische Alter schreitet durch den Umwandlungsprozess fort, bei dem Knolleninhaltsstoffe (Stärke) abgebaut wird. Dieser Prozess bestimmt die Fähigkeit der Knollen, zu wachsen und Tochterknollen zu bilden (Delaplace 2007). Genetische Gegebenheiten der Sorten, das chronologische Alter der Knolle und die Umweltbedingungen sind die drei wichtigsten Faktoren der Alterung (Reust 1981; Delaplace 2007). Zu Beginn des Lebenszyklus der Knolle bestimmen hauptsächlich genetische Faktoren der betreffenden Sorte die Alterungsgeschwindigkeit. Nach Abschluss der Endodormanz werden die Umweltbedingungen zum bestimmenden Faktor (Delaplace *et al.* 2008). Zu den Umweltbedingungen, welche die Alterung am stärksten beeinflussen, gehören Boden- und Klimabedingungen des Produktionsstandorts sowie die Lagerungstemperatur (Reust 1981).

Bei der Alterung werden drei aufeinanderfolgende Stadien durchschritten, die für den Produzenten besonders wichtig sind, weil sie den Ertrag und die Qualität der Ernte bestimmen. Kurz nach dem Ende der Keimruhe ist das Wachstum der Keime langsam und die apikale Dominanz stark ausgeprägt. Dadurch entwickelt sich ein einziger Hauptkeim. Später nimmt die apikale Dominanz ab und es erscheinen weitere, schneller wachsende Keime. Schliesslich versiegen die Reserven der Knolle (Stärke), die Knolle ist nun zu stark gealtert und weist mehrere verzweigte Keime auf (Rousselle *et al.* 1996). Die Alterung beeinflusst auch die Zahl und das Wachstum der Sprossachsen und schliesslich auch die Bildung von Tochterknollen (die Knollenbildung) und die Anzahl der Knollen pro Kartoffelpflanze. Bei stark fortgeschrittener Alterung kann in bestimmten Fällen das Phänomen der Knöllchensucht auftreten (Abb. 1), bei dem ohne Auflaufen der Pflanzen Knöllchen ausgebildet werden. Diese Tochterknollen sind von minderwertiger

ger Qualität, was für die Produzenten Einkommensausfälle zur Folge hat (Martin und Gravouelle 2001, Rousselle *et al.* 1996). Wenn die Dauer der verschiedenen Stadien der Alterung bekannt ist, lässt sich der günstigste Zeitpunkt für die Pflanzung einer bestimmten Sorte bestimmen, d.h. der Zeitpunkt, zu dem die Pflanze viele schnell wachsende Keime besitzt (Reust und Hebeisen 2003). Eine grosse Anzahl von Keimen gewährleistet eine grosse Anzahl von Trieben, eine gute Knollenbildung und entsprechend einen guten Ertrag.

Wenn Kartoffelsorten mit einer kurzen Keimruhe nicht optimal gelagert werden, besteht das Risiko, dass sie bereits während der Lagerung keimen. Bei einer zu starken Keimung müssen die Knollen vor der Pflanzung abgekeimt werden. Wenn die Alterung dieser Pflanzen bereits fortgeschritten ist, kommt es dann zu einem verzögerten Auflaufen, zu einer schwachen vegetativen Entwicklung und folglich zu geringen Erträgen. In extremen Fällen einer sehr weit fortgeschrittenen Alterung kann es zur Knöllchensucht kommen, bei der Tochterknollen ohne Auflaufen der Pflanzen gebildet werden (Abb. 1). Die Empfindlichkeit gegenüber der Abkeimung weist deshalb auf den Alterungszustand der Pflanzknollen hin. Sorten mit flachen Augen sind im Allgemeinen empfindlicher gegenüber einer Abkeimung, da ihre Keime bei der Handhabung der Knollen leichter brechen (Rousselle *et al.* 1996).

In jedem Jahr wurden von Agroscope zwei unterschiedliche Versuche durchgeführt, um die Empfindlichkeit der verschiedenen Kartoffelsorten gegenüber der Alterung zu messen. Im Rahmen des ersten Versuchs wurde die Dauer der Keimruhe und Inkubationsperiode untersucht. Der zweite Versuch befasste sich mit den Unterschieden von Entwicklung und Ertrag bei abgekeimten Knollen im Vergleich zu nicht-abgekeimten Knollen, die unter optimalen Bedingungen gelagert wurden.



Abb. 1 | Knöllchensucht auf dem Feld. (Foto: Werner Reust)

Zusammenfassung

Die Physiologie der Kartoffelknolle ist von zwei aufeinanderfolgenden Phasen geprägt: die Keimruhe und die Inkubationsdauer. Die Keimruhe ist die Periode, während der die Knolle vegetativ ruht und nicht keimt, die Inkubationsdauer beginnt mit der Keimung und ist mit der Bildung der ersten Tochterknollen abgeschlossen. Die Dauer der Keimruhe und Inkubation ist eine spezifische Eigenschaft der einzelnen Sorten. Sorten mit kurzer Keimruhe sind schwieriger zu lagern und Sorten mit kurzer Inkubationsdauer altern schneller. Bei einer Überalterung der Knolle sind der Auflauf der Pflanzen und der Ertrag eingeschränkt. Ausserdem reagieren bestimmte Sorten besonders empfindlich auf ein Abkeimen, ein Eingriff, bei dem die physiologische Alterung der Pflanzen künstlich beschleunigt wird. Um die physiologischen Eigenschaften der Sorten zu beschreiben, die in der Kartoffelliste 2015 aufgeführt sind, führte Agroscope spezifische Versuche durch. Diese Versuche zeigten, dass Keimruhe, Inkubationsdauer und Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung voneinander unabhängige Merkmale sind. Die Versuche ermöglichten eine Beschreibung der physiologischen Eigenschaften aller empfohlenen Sorten der Kartoffelliste 2015 (die Ergebnisse sind in einer Tabelle zusammengefasst). Diese Beschreibung ist eine wichtige Voraussetzung für eine geeignete Lagerung, zur Bestimmung der Bedingungen und Dauer der Vorkeimung, für ein gutes Auflaufen der Pflanzen und eine rasche vegetative Entwicklung. All diese Faktoren sind die für einen hohen Knollenertrag entscheidend.

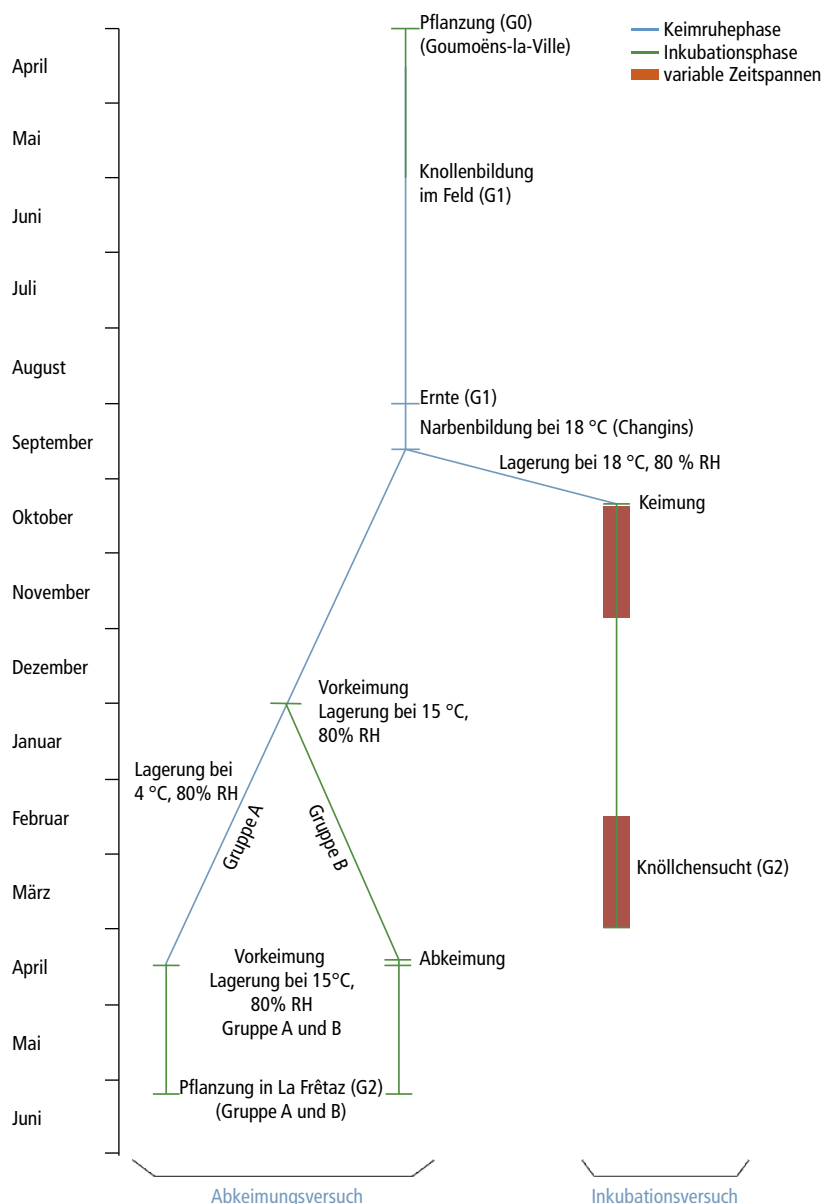


Abb. 2 | Schema zum Abkeimversuch und zum Inkubationsversuch. Die blauen Linien bezeichnen die Phase der Keimruhe, die grünen Linien die Inkubationsphase. Die orangefarbenen Rechtecke zeigen die variablen Zeitspannen je nach den untersuchten Sorten.

Material und Methoden

In zwei Versuchen wurden die physiologischen Eigenschaften von 29 Kartoffelsorten untersucht. Damit diese Versuche mit Knollen durchgeführt werden konnten, die eine identische Vorgeschichte hinsichtlich ihrer Anbaubedingungen aufwiesen, wurden alle Pflanzen der verschiedenen verwendeten Sorten am selben Standort, in Goumoëns-la-ville auf 650 m Höhe, produziert (Reust und Hebeisen 2003).

Der Versuch zur Inkubationsdauer begann, wie in Abbildung 2 dargestellt, mit der Pflanzung der G0-Knollen in Goumoëns-la-ville (VD). Bei jeder Sorte wurde der

Zeitpunkt der Knollenbildung bestimmt, indem zweimal wöchentlich herausgerissene G1-Pflanzen auf Knollenansatz geprüft wurden. Nach dem Bestimmen dieses Zeitpunkts blieb die Entwicklung bis zur Ernte ohne äussere Einwirkungen. Nach der Ernte wurden die Knollen während zwei Wochen bei 18 °C gelagert, bis die Haut vernarbt. Von jeder Sorte wurden nun jeweils zwanzig Knollen in einer 17x40x60cm messenden Kiste auf eine 3 cm tiefe Perlite-Schicht gelegt (Abb. 3). Die Kartoffeln wurden anschliessend bei idealen Bedingungen für die Keimung gelagert, das heisst bei 18 °C und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit (RH). Das Perlite-Bett wurde vor der ersten Verwendung zu Beginn des Versuchs begossen,



Abb. 3 | Im Inkubationsversuch eingesetzte Kiste. (Foto: Gaëtan Riot).

anschliessend zweimal wöchentlich bis zum Versuchsende. Die Knollen wurden jeden zweiten Tag kontrolliert und der Zeitpunkt, zu dem 80 % der Knollen Keime aufweisen, als Keimungsdatum festgelegt. Auch der Zeitpunkt des Auftretens einer neuen Knollengeneration an den Keimen (G2-Knöllchen) wurde durch Kontrollen an jedem zweiten Tag bestimmt (Reust und Hebeisen 2003). Die Ergebnisse wurden anschliessend für jede Sorte in Gradtagen angegeben. Dieser Wert besteht aus der Summe der Tagestemperaturen zwischen Beginn der Knollenbildung und Keimung (Keimruheperiode) sowie aus der Summe der Tagestemperaturen zwischen Keimung und Knöllchenbildung (Inkubationsperiode) (Reust *et al.* 2001). Die Daten der Feldtemperaturen wurden von der meteorologischen Station Goumoëns (Agrometeo-Netzwerk) mit einer Temperatursonde in 10 cm Bodentiefe gesammelt. Nach der Ernte wurde die Lagerungstemperatur (18 °C) für die Berechnung der Gradtage verwendet. Um die witterungsbedingten jährlichen Unterschiede in diesem Versuch abzuschwächen wurde die Sorte Bintje als Kontrolle eingesetzt. Dazu wurden bei der Datenanalyse die Unterschiede der mittleren Gradtage zwischen der untersuchten Sorte und der Sorte Bintje verwendet.

Beim Abkeimversuch war das Vorgehen bis zur Vernarbungsphase der Knollen identisch (Abb. 2). Nach diesem Schritt wurden die Knollen vier bis fünf Monate bei 4 °C und 80 % RH gelagert und dann in zwei Gruppen (A und B) aufgeteilt. Die Gruppe A wurde weitere zwei bis fünf Monate bei 4 °C und 80 % RH und dann für die Vorkeimung bei Licht, 15 °C und 80 % RH für einen je nach Sorte unterschiedlichen Zeitraum von vier bis sechs Wochen gelagert, bis sie Keime von ausreichender Länge

für das Pflanzen aufwies. Die Gruppe B wurde ein erstes Mal im Dunkeln während vier Monaten bei 15 °C und 80 % RH vorgekeimt, manuell abgekeimt und schliesslich vor der Pflanzung erneut vorgekeimt, diesmal bei 15 °C und 80 % RH im Licht. Die Gruppen A und B jeder Sorte wurden nebeneinander auf einem Feld des Standorts La Frêtaz (Bullet, VD) auf 1200 m Höhe gemäss einer randomisierten vollständigen Blockanlage mit drei bis vier Wiederholungen gepflanzt. Jede Versuchspartizelle umfasst zwei Linien mit 25 Knollen (30 cm Abstand zwischen den Pflanzen und 75 cm zwischen den Reihen). Für jede Parzelle wurde der Prozentsatz der aufgelaufenen Pflanzen und der Ertrag der Knollen erfasst (Reust und Hebeisen 2003; Dupuis *et al.* 2014). Die Ergebnisse wurden ähnlich behandelt wie beim Inkubationsversuch. Die Sorte Bintje wurde als Kontrolle der witterungsbedingten jährlichen Schwankungen verwendet. Die durchschnittliche Abweichung des Ertrags zwischen den Gruppen A und B der untersuchten Sorte wurde von der durchschnittlichen Abweichung des Ertrags zwischen den Gruppen A und B der Sorte Bintje des entsprechenden Jahres subtrahiert. In den Jahren, in denen die Sorte Markies untersucht wurde, war die Sorte Bintje nicht angebaut worden. In diesen Jahren wurde der Durchschnitt der Sorte Bintje über alle untersuchten Jahre als Vergleich herangezogen.

Für jede der drei beobachteten physiologischen Eigenschaften (Keimruhe, Inkubationsdauer und Verhalten bei Abkeimung) wurden die Sorten in drei Klassen eingeteilt. Die Zuordnung zu den drei Klassen erfolgte gemäss der folgenden Formel: Klassengrösse = Spannweite zwischen den Extremwerten/3. Für die Dauer der Keimruhe wurde unterschieden zwischen Sorten mit kurzer, mittlerer und langer Keimruhe. Eine entsprechende Einteilung erfolgte hinsichtlich der Inkubationsdauer der Sorten. Nach der Einteilung der Sorten gemäss diesen beiden Kriterien wurden sie in einer Matrix mit neun Klassen angeordnet, wobei gleichzeitig die Keimruhe und die Inkubationsdauer berücksichtigt wurden. Schliesslich wurden die Sorten gemäss ihrem Verhalten nach einer Abkeimung in die drei Klassen starke, mittlere und geringe Empfindlichkeit eingeteilt.

Resultate

Aufgrund der Ergebnisse dieser Versuche liessen sich die meisten Sorten der Kartoffelliste 2015 hinsichtlich ihrer physiologischen Eigenschaften beschreiben.

Alle Sorten ausser Amandine, Agata, Lady Christl und Victoria wiesen eine längere Keimruhe auf als die Sorte Bintje (Abb. 4). Von allen untersuchten Sorten hat Inno- ➤

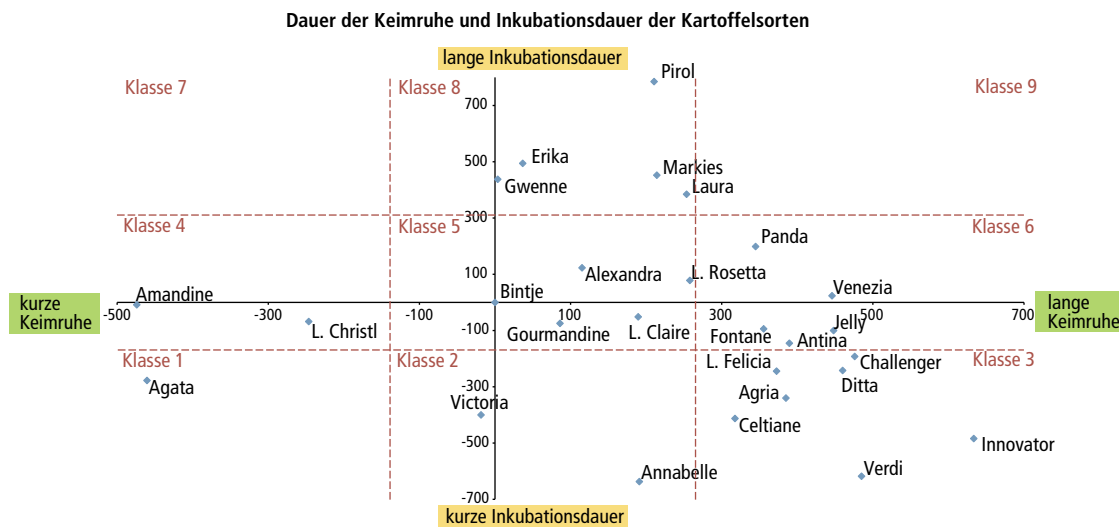


Abb. 4 | Durchschnittliche Dauer von Keimruhe und Inkubation (in Gradtagen) der verschiedenen untersuchten Sorten im Vergleich zur Sorte Bintje. Die neun verschiedenen Klassen werden im Text definiert.

vator die längste Keimruhe und Pirol die längste Inkubationsdauer. Amandine und Annabelle sind die Sorten mit der kürzesten Keimruhe beziehungsweise Inkubationsdauer. Die Klassen 7 und 9 sind durch keine Kartoffelsorten vertreten. Diese beiden Klassen sind gekennzeichnet durch eine kurze Keimruhe und eine lange Inkubationsdauer (Klasse 7) bzw. eine lange Keimruhe und eine lange Inkubationsdauer (Klasse 9). Die überwiegende Mehrheit der Sorten gehört zur Klasse 3 mit einer langen Keimruhe, gefolgt von einer kurzen Inkubationsdauer.

Der durchschnittliche Ertragsausfall bei einer Abkeimung beträgt bei der Sorte Bintje 49 %. Die gegenüber einer Abkeimung empfindlichsten Sorten sind gemäss Grafik (Klasse 1) Alexandra, Annabelle, Celtiane, Ditta, Lady Felicia, Nicola, Gwenne und Bintje. Zur Gruppe mit der geringsten Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung (Klasse 3) gehören Challenger, Charlotte, Fontane, Gourmandine, Innovator, Jelly, Laura, Markies und Verdi. Celtiane ist die empfindlichste, Fontane die am wenigsten empfindliche Sorte.

Die drei in den beiden Versuchen untersuchten physiologischen Eigenschaften waren weitgehend voneinander unabhängig (Tab. 1). Den höchsten Korrelationskoeffizient ($r = 0,31$ n.s.) wiesen die beiden Eigenschaften Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung und Inkubationsdauer auf.

Diskussion

Die drei untersuchten physiologischen Eigenschaften, d.h. Keimruhe, Inkubationsdauer und Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung, sind Faktoren, welche die Alterung der Kartoffelknollen beeinflussen.

Tabelle 2 zeigt, dass jede Sorte der Kartoffelliste 2015 charakteristische physiologische Eigenschaften besitzt. Sorten mit kurzer Keimruhe müssen bei tiefer Temperatur gelagert werden (2–3 °C), um eine Keimung während des Lagerns zu verhindern. Für Frühkulturen eignen sich Sorten mit kurzer Keimruhe und schneller Inkubation, da sie sich zum Zeitpunkt der Pflanzung in einer optimalen Entwicklungsphase befinden und sie deshalb einen maximalen Ertrag erwarten lassen (Rousselle *et al.* 1996).

Sorten mit langer Keimruhe und geringer Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung müssen unabhängig von der Inkubationsgeschwindigkeit unbedingt vorgekeimt werden, damit Verzögerungen beim Auflaufen auf dem Feld vermieden werden. Dies gilt für die Sorten Challenger, Fontane, Innovator, Jelly, Panda und Verdi. Sorten mit langer Keimruhe, mittlerer Inkubationsdauer und mittlerer Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung kön-

Tab. 1 | Ergebnisse einer einfachen linearen Regression von Keimruhedauer, Inkubationsdauer und Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung bei den 29 untersuchten Sorten. Bei r handelt es sich um den Korrelationskoeffizienten, r^2 ist der Determinationskoeffizient und p bezeichnet die Signifikanz der Regression (n.s.=nicht signifikant)

	r	r^2	p
Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung / Dauer der Keimruhe	0,03	<0,01	ns
Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung / Inkubationsdauer	0,31	0,09	ns
Inkubationsdauer / Dauer der Keimruhe	-0,20	0,04	ns

Tab. 2 | Dauer der Keimruhe, Dauer der Inkubation und Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung der 32 empfohlenen Sorten der Kartoffelliste 2015 (Zusammenfassung der Daten aus den beiden Versuchen und ergänzende Informationen).

Sorte	Dauer der Keimruhe	Inkubationsdauer	Empfindlichkeit gegenüber Abkeimung
Agata	Kurz	Kurz	Mittel
Agria	Lang	Kurz	Mittel
Alexandra	Mittel	Mittel	Stark
Amandine	Kurz	Mittel	Stark ¹
Annabelle	Mittel	Kurz	Stark
Antina	Lang	Mittel	Mittel
Bintje	Mittel	Mittel	Stark
Celtiane	Lang	Kurz	Stark
Challenger	Lang	Kurz	Gering
Charlotte	Kurz ¹	Mittel	Gering
Désirée	Mittel ¹	Mittel ¹	–
Ditta	Lang	Kurz	Stark
Erika	Mittel	Lang	Mittel
Fontane	Lang	Mittel	Gering
Gourmandine	Mittel	Mittel	Gering
Gwenne	Mittel	Lang	Stark
Hermes	Lang ²	Kurz ²	–
Innovator	Lang	Kurz	Gering
Jelly	Lang	Mittel	Gering
Lady Christl	Kurz	Mittel	Mittel
Lady Claire	Mittel	Mittel	Mittel
Lady Felicia	Lang	Kurz	Stark
Lady Rosetta	Mittel	Mittel	Gering ²
Laura	Mittel	Lang	Gering
Markies	Mittel	Lang	Gering
Nicola	Kurz ¹	Mittel	Stark
Panda	Lang	Mittel	Gering
Pirol	Mittel	Lang	Mittel
Ratte	Kurz ²	–	Mittel - stark ²
Venezia	Lang	Mittel	Mittel
Verdi	Lang	Kurz	Gering
Victoria	Mittel	Kurz	Mittel

¹Informationen aus Websites von Gruppen aus mehreren Züchtern.

²Informationen aus den Kartoffelsorten-Datenblättern von Agroscope.

nen ebenfalls vorgekeimt werden, da die Keime relativ langsam wachsen. Dabei handelt es sich um die Sorten Agria, Antina und Venezia. Im Gegensatz dazu müssen Sorten mit langer Keimruhe, die empfindlich auf ein Abkeimen reagieren, wie Celtiane, Ditta und Lady Felicia, unbedingt gepflanzt werden, sobald Keime schwach sichtbar werden (im Stadium weisser Punkt), um ein lückenhaftes Auflaufen wegen bei der Pflanzung abgebrochenen Keimen zu vermeiden.

Unter den Sorten mit kurzer Keimruhe ist bei Charlotte keine besondere Vorsicht erforderlich, da diese Sorte nur wenig empfindlich auf ein Abkeimen reagiert. Im Gegensatz dazu weisen die Sorten Agata, Amandine, Lady Christl, Nicola und Ratte nicht nur eine kurze Keimruhe sondern auch eine hohe Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung auf. Wie Celtiane, Ditta und Lady Felicia sollten auch diese Sorten deshalb bereits gepflanzt werden, wenn die Keime erst knapp sichtbar sind. Bei diesen Sorten scheint eher eine «Stimulation» der Pflanzknollen angebracht als eine Vorkeimung im eigentlichen Sinne. Als Stimulation wird das Saatgut unmittelbar vor der Pflanzung drei bis vier Tage in einem Raum bei 15–20 °C gelagert.

Die Sorten Alexandra, Annabelle, Bintje und Gwenne lassen sich relativ gut lagern (mittellange Keimruhe), sind jedoch sehr empfindlich gegenüber einer Abkeimung. Auch bei diesen Sorten scheint eine Stimulation besser geeignet als eine eigentliche Vorkeimung. Obwohl die Sorte Gwenne eine sehr lange Inkubationsdauer aufweist, entwickeln sich die Keime langsam, wodurch die Risiken im Zusammenhang mit einer Abkeimung eingeschränkt sind. Die anderen Sorten mit mittellanger Keimruhe wie Désirée, Erika, Gourmandine, Lady Claire, Lady Rosetta, Laura, Markies, Pirol und Victoria sind aus physiologischer Sicht wenig problematisch. Bei Victoria muss die Keimung dennoch sorgfältig überwacht werden, da diese Sorte über eine kurze Inkubationsdauer und eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung verfügt.

Wenn die Pflanzung aus meteorologischen Gründen aufgeschoben werden muss, lassen sich das Wachstum der Keime und die Alterung der Saatknoten durch eine Vorkeimung mit Licht bremsen.

Eine Umfrage bei den vier wichtigsten Genossenschaften von Pflanzkartoffelproduzenten in der Schweiz (Vermehrungsbetriebe) ergab, dass es bei drei Sorten gelegentlich Probleme gab mit einem unregelmässigen Auflaufen. Betroffen waren die Sorten Gourmandine, Alexandra und etwas weniger ausgeprägt Amandine (nicht publizierte Ergebnisse). Für die Probleme beim Anbau könnte bei den Sorten Alexandra und Amandine die hohe Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung verantwortlich sein. Bei Gourmandine ist die Erklärung schwieriger, weil trotz günstigeren physiologischen Eigenschaften gelegentlich Probleme mit dem Auflaufen auftreten. Da die Sorte eine mittellange Keimruhe aufweist, ist es eher unwahrscheinlich dass die Verzögerungen beim Auflaufen auf ein zu spätes Erwachen aus der Keimruhe zurückzuführen sind. Ausserdem wachsen die Keime mit mittlerer Geschwindigkeit (mittlere Inkubationsdauer) und die Sorte ist wenig empfindlich

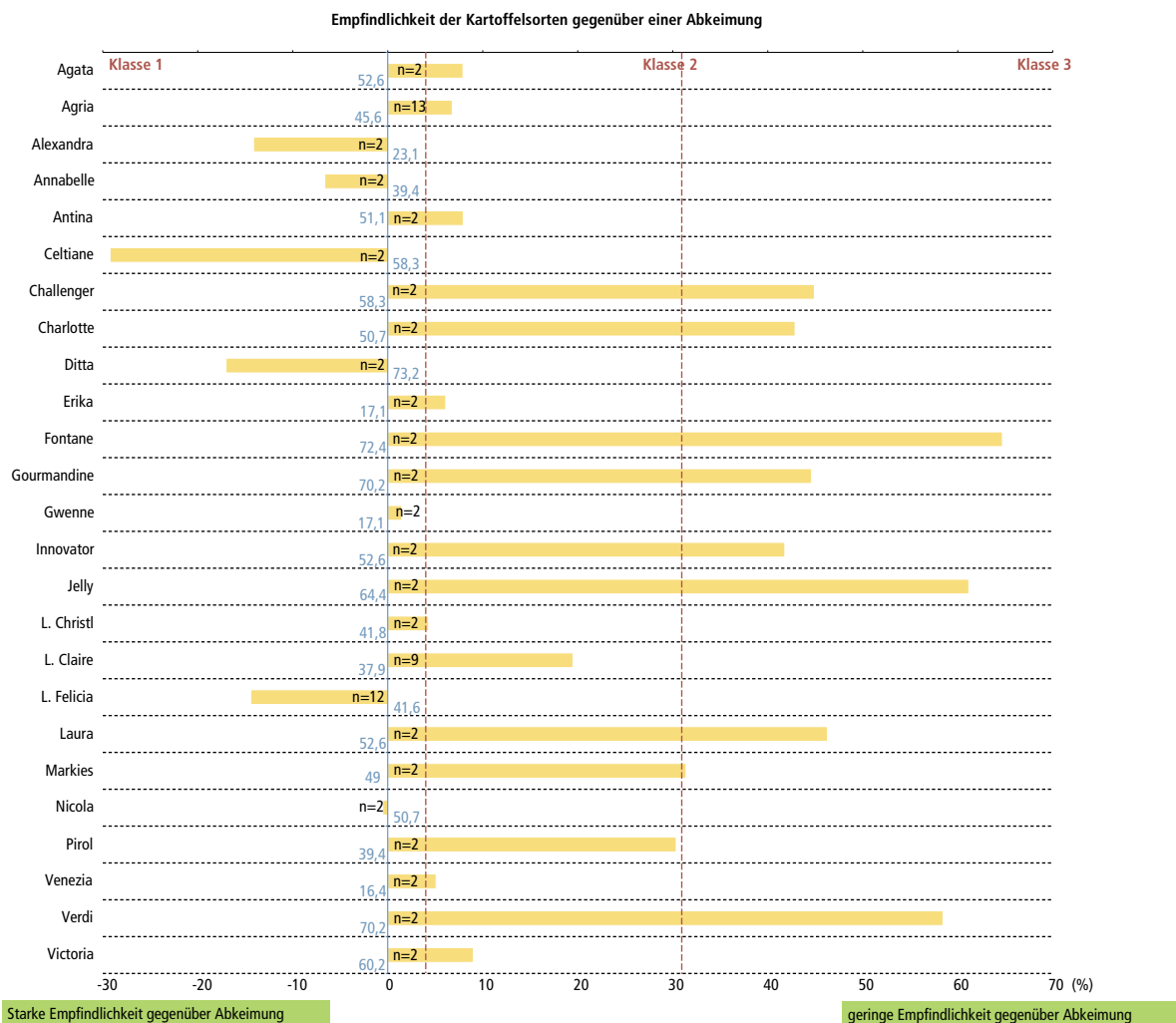


Abb. 5 | Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung der untersuchten Sorten im Vergleich zur Sorte Bintje (=0) (durchschnittliche Abweichung in %). Die blauen Zahlen geben die durchschnittliche Ertragseinbuße der Sorte Bintje für die Versuchsjahre jeder untersuchten Sorte in Prozent an. Die schwarzen Zahlen geben die Anzahl Testjahre für jede Sorte an. Die roten Linien zeigen die Einteilung in die drei Klassen unterschiedlicher Empfindlichkeit gegenüber einer Abkeimung.

gegenüber einer Abkeimung. Aus diesem Grund ist es wenig plausibel, dass das verzögerte Auflaufen auf bei der Pflanzung abgebrochene Keime zurückzuführen ist. Bemerkenswert ist allerdings, dass die Augen bei dieser Sorte sehr oberflächlich liegen, wodurch die Keime bei der Handhabung der Knollen stark exponiert sind. Im Rahmen unserer Versuche brachen die Keime nur ein einziges Mal ab. Unter den gewöhnlichen Produktionsbedingungen können die Keime dagegen bei verschiedenen Schritten zwischen Lagerung und Pflanzung abbrechen. Deshalb ist es sehr wichtig, diese Sorte mit grosser Sorgfalt zu behandeln, sobald Keime erscheinen.

Schlussfolgerungen

Diese Studie hat gezeigt, dass jede Kartoffelsorte charakteristische physiologische Eigenschaften aufweist (Tab. 2). Gute Kenntnisse dieser physiologischen Eigenschaften der Sorten sind eine wichtige Voraussetzung für eine geeignete Lagerung, eine gutes Auflaufen und eine rasche vegetative Entwicklung – alles bestimmende Faktoren für einen hohen Ertrag an Kartoffelknollen. ■

Riassunto
Fisiologia delle varietà di patate e conseguenze per il produttore

La fisiologia del tubero di patata è caratterizzata da due fasi consecutive: la dormienza e l'incubazione. La dormienza è il periodo di riposo vegetativo durante il quale il tubero non germina, mentre l'incubazione inizia con la germinazione e si conclude con la formazione dei primi tuberi figli. La durata dei periodi di dormienza e di incubazione è un fattore caratteristico di ogni varietà. Le varietà con un periodo di dormienza breve presenteranno maggiori difficoltà di conservazione mentre le varietà con periodo di incubazione breve invecchieranno più rapidamente. Se l'invecchiamento del tubero si trova in uno stadio troppo avanzato, la piantina spunterà con difficoltà e la resa sarà scarsa. Inoltre, alcune varietà sono particolarmente sensibili alla degerminazione, una manipolazione che provoca l'accelerazione artificiale dell'invecchiamento delle piantine. Agroscope ha condotto sperimentazioni specifiche, finalizzate alla caratterizzazione della fisiologia delle varietà di patate inserite nella lista raccomandata 2015. Gli esperimenti hanno dimostrato l'assenza di una correlazione tra la durata della dormienza, la durata dell'incubazione e la sensibilità alla degerminazione. Essi hanno inoltre consentito di caratterizzare la fisiologia dell'insieme delle varietà della lista raccomandata 2015 (i risultati ottenuti sono presentati in una tabella di sintesi). Tale caratterizzazione è fondamentale per garantire un adeguato immagazzinamento delle piantine, determinare le condizioni e la durata della pregerminazione, garantire una buona emergenza e uno sviluppo vegetativo rapido. Tutti questi elementi sono determinanti per un'elevata resa del tubero.

Literatur

- Delaplace P., 2007. Caractérisation physiologique et biochimique du processus de vieillissement du tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), Université de Liège, Liège, Belgique. Thèse: 171.
- Delaplace P., Fauconnier M. L. & Du Jardin P., 2008. Méthodes de mesure de l'âge physiologique des tubercules semences de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). *Biotechnologie Agronomie Societe Et Environnement* 12, 171–84.
- Dupuis B., Tallant M., Riot G., Hebeisen T., Ballmer T. & Vetterli C., 2014. Essais pomme de terre 2013. *Plantes Agroscope Transfer* 26.
- Martin M. & Gravouelle J.-M., 2001. Stockage et conservation de la pomme de terre. Institut technique des céréales et des fourrages.
- Mazoyer M., 2002. Larousse agricole. Larousse.

Summary
Physiology of the potato varieties and consequences for the grower

The physiology of the potato tuber is characterized by two consecutive periods: the dormancy and the incubation. During the dormancy period, the tuber is under vegetative rest and is unable to sprout. The incubation period begins at sprouting and ends when the first progeny tuber appears on the stolons. The duration of both periods varies depending on the variety. Varieties with a short dormancy period will be difficult to store, and varieties with a short incubation period will show a fast aging. An old tuber will emerge with difficulties and the yield will be low. In addition, some varieties are susceptible to desprouting, which accelerates tuber aging. Specific trials have been managed by Agroscope in order to characterize the physiology of the varieties listed in the 2015 Swiss list of recommended potato varieties. No link was found between the duration of the dormancy period, the duration of the incubation period, and the susceptibility to desprouting. The identified physiological characteristics of the varieties are presented in a summary table. This characterization is important in order to optimize the potato seed storage, identify the optimal duration of pre-sprouting, and guarantee a fast emergence and a rapid development of the plant. All these elements will contribute to high tuber yield.

Key words: potato, physiology, physiological age, dormancy, incubation, presprouting, yield, varieties, storage, desprouting.

- Reust W., 1981. Physiologie de la pomme de terre. *Revue suisse d'Agriculture* 13, 34.
- Reust W. & Hebeisen T., 2003. Vieillesse physiologique des plants de pommes de terre: comportement des variétés. *Revue suisse d'Agriculture* 35, 17–20.
- Reust W., Winiger F. A., Hebeisen T. & Dutoit J. P., 2001. Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. *Potato Research* 44, 11–7.
- Rousselle P., Robert Y. & Crosnier J.-C., 1996. La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. Editions Quae.
- Schwärzel R., Torche J.-M., Ballmer T., Musa T. & Dupuis B., 2014. Schweizerische Sortenliste für Kartoffeln 2015. *Agrarforschung Schweiz* 5 (11–12), Beilage.