

Merkblatt

Pflanzkartoffeln: Das Risiko von Schwarzbeinigkeit und Nassfäule minimieren

Ch. Ochsenbein und A. Keiser – SHL Zollikofen ¹⁾

Das Wichtigste in Kürze

- ⇒ ***Erwinia*-Bakterien können Schwarzbeinigkeit, Stängelfäule, Bakterielle Welke und Knollennassfäule verursachen**
- ⇒ **Sie gehören damit zu den bedeutendsten Krankheitserregern im Kartoffelbau.**
- ⇒ **Die Verwendung von gesundem Pflanzgut gehört zu den wichtigsten Bekämpfungsmassnahmen**
- ⇒ **Zu den Massnahmen für die Ernte von gesundem Pflanzgut gehören:**
 - **Säuberung der Felder**
 - **Vermeidung von Verschlämmung und Staunässe**
 - **Schonende Ernte bei abgetrockneten Bedingungen**
 - **Schnelle Abtrocknung des Erntegutes**
 - **Kühle Lagerung**

¹⁾ Unter Mitwirkung von Vertretern von Agroscope ACW und ART sowie von Vermehrungsorganisationen anlässlich eines Workshops. Das vollständige Literaturverzeichnis ist bei den Autoren erhältlich.

Ausgangslage

In den vergangenen Jahren wurde ein verstärktes Auftreten von Krankheiten festgestellt, welche von *Erwinia*-Bakterien verursacht werden. Folgende Ursachen kommen dafür in Frage: Ein verändertes Spektrum an *Erwinia*-Arten mit aggressiverem Verhalten, ein wärmeres Klima und die weitere Rationalisierung im Anbau. Im Kartoffelbau gehört *Erwinia* mittlerweile zu einer der ökonomisch bedeutendsten Krankheitserreger.

Die Symptome

Bei frühem Befall des Triebes durch *Erwinia*-Bakterien entstehen Fehlstellen im Feld. Bei späterem Befall werden verschiedene Symptome unterschieden: Die Schwarzbeinigkeit, die Stängelfäule, die Bakterielle Welke und die Knollen-Nassfäule. Die Symptome können sich je nach Sorte, Witterung, Befallszeitpunkt und Erreger unterschiedlich ausprägen. Bei kühler, feuchter und bewölkter Witterung werden befallene Pflanzen häufig weniger gut erkannt, da Welkeerscheinungen weniger deutlich hervortreten.

(Quellen: Cazelles und Schwärzel 1992; Häni *et al.* 2006; Radtke *et al.* 2000)

Schwarzbeinigkeit

Die Schwarzbeinigkeit kann teilweise schon im Frühjahr an jungen Pflanzen auftreten, überwiegend wird der Befall aber erst zu Beginn des Sommers (Juni/Juli) sichtbar. Bei später befallenen Pflanzen erkranken oft nur einzelne Triebe. Diese weisen im Erdbereich und bis zu mehreren Zentimetern über dem Boden eine tiefschwarze bis hellbraune Verfärbung auf. Sie ist oft schleimig. Die Stolonen zeigen die Färbung ebenfalls. Die Triebe lassen sich leicht aus dem Boden ziehen, da ihre Wurzeln zerstört sind. Sie knicken häufig um. Die Pflanzen können welken und später auch vergilben. Bei noch nicht starkem Befall können die Fiederblätter infizierter Triebe mehr oder weniger stark zur Mittelrippe hin nach oben eingerollt sein. Sie besitzen jedoch nicht die feste Konsistenz wie im Falle einer Infektion mit dem Blattrollvirus. Die Blätter und Triebe sind ausserdem aufgerichtet. Im Gegensatz zur Infektion durch *Rhizoctonia* sind die Gefässbündelstränge dunkel verfärbt. Die Stängelhaut (Epidermis) lässt sich leicht vom nassfaulen Stängel lösen. An der Stängelbasis kann auch eine braune wässrige Fäule entstehen.

Stängelfäule

Stängelfäule tritt an oberen Teilen des Sprosses auf ohne die für die Schwarzbeinigkeit typischen Symptome an der Stängelbasis. Es handelt sich um unregelmässige bräunlich-schwarze Flächen, diese vergrössern sich zu einer weichen breiigen Fäulnis, welche ganze Triebe zum Welken und Absterben bringt. Die Stängelfäule kann ausgehen von Verletzungen oder durch einen Aufstieg der Erreger im Innern des Stängels.

Bakterielle Welke

Blätter der Sprossspitzen welken zuerst. Anschliessend sind zwei verschiedene Erscheinungsformen möglich:

1. Der Stängel welkt und mit der Zeit wird der ganze Spross nassfaul, von einer mehr oder minder starken Dunkelfärbung begleitet. Die Pflanze bricht nach einigen Tagen zusammen und vertrocknet.
2. Der Stängel bleibt relativ lange grün und trocken, während sich im Innern von unten her eine trockene oder feuchte Fäule, erkennbar an einer dunkelbraunen Verfärbung, ausbreitet. Das Mark der Stängel bleibt jedoch fest. Später bilden sich Risse im Stängel, von wo die Fäule sich weiter ausbreitet.

Knollen-Nassfäule

Die Knollennassfäule tritt häufig in Verbindung mit Schwarzbeinigkeit bereits im Feld auf. Früh befallene Knollen können bis zur Ernte restlos zerstört sein. Je nach Infektionsweg beginnt die Fäule am Stolonenende oder bei den Lentizellen. Befallene Stellen zeigen zunächst eine leicht bräunliche Verfärbung. Infizierte Lentizellen weisen einen braunen Hof auf, der sich später häufig eindetelt. Typisch für die Krankheit ist die Umformung des Fleisches in eine breiige wässrige Masse. Sie wird zusammengehalten durch die pergamentartige Schale, die schon bei leichtem Druck aufplatzt. Der austretende Faulbrei ist zunächst farblos und verfärbt sich an der Luft sehr bald rötlich bis schwarzbraun. Er verbreitet einen modrig, muffigen Geruch. Überwiegend tritt die Krankheit nach Verletzungen oder nach Befall durch Braunfäule (Kraut- und Knollenfäule) auf. Das zersetzte Gewebe wird oft zusätzlich von anderen Bakterien besiedelt, wodurch unter anaeroben Bedingungen ein sehr widerlicher Geruch erzeugt wird (Buttersäure) und ein eitriger Schleim entsteht.

Der Erreger

Drei *Erwinia*-Arten können die Krankheit verursachen. Sie wurden in den vergangenen Jahren neu eingeteilt und umbenannt (s. Tab.). Je nach Art hat das Pflanzgut eine unterschiedliche Bedeutung. Die Unterscheidung der Erreger verlangt häufig nach einer Labordiagnose.

Alte Bezeichnung	Neue Bezeichnung	Bedeutung	Weitere Wirtspflanzen
<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>atroseptica</i> (Eca)	<i>Pectobacterium atrosepticum</i> (Pca)	<ul style="list-style-type: none"> – häufiger Erreger der Schwarzbeinigkeit in nördlichen Ländern Europas – bevorzugt kühlere Temperaturen 	weitgehend auf Kartoffeln beschränkt
<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>carotovora</i> (Ecc)	<i>Pectobacterium carotovorum</i> (Pcc)	<ul style="list-style-type: none"> – häufig bei Knollennassfäule und Stängelfäule isoliert (z.B. nach Staunässe) – führt seltener zu Schwarzbeinigkeit – weit verbreitet im Boden und auf Knollen – eher ein Schwächeparasit 	sehr breites Wirtsspektrum (Gemüse, Sonnenblumen, Tabak etc.)
<i>Erwinia chrysanthemi</i> (Ech)	<i>Dickeya dianthicola</i> (Dcd)	<ul style="list-style-type: none"> – häufigster Erreger der Schwarzbeinigkeit in der Schweiz (Bedeutung hat zugenommen) – bevorzugt wärmere Temperaturen – kommt auch in Flüssen vor 	Tomaten, Endivie, Artischocke (wenig untersucht)

Bedeutung des Pflanzgutes

Sowohl Stauden als auch Knollen sind oft mit einer niedrigen Anzahl an Bakterien infiziert, ohne dass die Symptome eines Befalls erkennbar sind (latente Infektion). Die Bakterien befinden sich zwischen Zellen in den Atmungsöffnungen (Lentizellen), in Wunden unter der Korkschicht oder in den Leitgefässen. Pca und Dcd überleben schlecht im Boden. Sie gelangen vor allem über das Pflanzgut in die neue Kultur. Das Risiko für Schwarzbeinigkeit und Nassfäule bei gleicher Witterung ist umso grösser, je stärker das Pflanzgut latent infiziert ist (Prozentsatz befallener Knollen, Anzahl Bakterien pro Knolle). Die Bedingungen im Feld entscheiden schlussendlich, ob die Krankheit ausbricht oder nicht. Bei Pcc, welches häufig die Nassfäule und nur selten die Schwarzbeinigkeit verursacht, ist das Pflanzgut weniger von Bedeutung. Pcc ist im Boden auf Pflanzenresten und auf den Knollen in niedrigen Mengen weit verbreitet und führt oft bei nassen Bedingungen zu Nassfäule.

Ausbruch der Krankheit

Normalerweise können die Bakterien durch Abwehrmechanismen der Kartoffel in Schach gehalten werden. Sobald die Bedingungen stimmen, vermehren sich die Bakterien explosionsartig. Sie produzieren nun genug Enzyme (Pektinasen), um die Zellwände der Knollen und des Sprosses aufzulösen. Es kommt zum Ausbruch der Krankheit. Das ist oft bei feuchten und sauerstoffarmen Bedingungen der Fall. Ein Mangel an Sauerstoff senkt die Abwehrkraft der Kartoffel. Die Bedingungen sind gegeben bei oberflächlichen Bodenverschlammungen (z.B. nach heftigen Gewittern), bei Vorhandensein von Stauwasser und bei Verdichtungen.

Krankheitsverlauf

Die Vermehrung der *Erwinia*-Bakterien beginnt meist auf der verrottenden Mutterknolle. Mit dem Saftstrom in den Leitgefässen gelangen sie in höhere Teile des Sprosses. Bei starker Vermehrung in den Leitbündeln führen sie zu Schwarzbeinigkeit und Stängelfäule. Der gestörte Wasserfluss führt zu Welkeerscheinungen und Chlorosen (Aufhellungen). Je schneller die Mutterknolle durch *Erwinia* verrottet (bei Feuchtigkeit und Sauerstoffarmut), umso wahrscheinlicher ist ein Befall der oberirdischen Pflanzenteile. Die Infektion der Tochterknollen geschieht entweder über die Leitgefässe der Stolonen oder über den Boden direkt von Knolle zu Knolle. Im Boden sind die Bakterien umso mobiler, je feuchter die Verhältnisse sind. Feuchtigkeit und Sauerstoffarmut führen auch dazu, dass die Korkschicht der Lentizellen in den Knollen schwillt und durchlässig wird. Damit können die Bakterien tiefer in die Schale der Tochterknollen eindringen. Auch am Lager wird die Verbreitung und das Eindringen begünstigt durch feuchten Erdanhang, Kondenswasser, hohe Temperaturen und Knollenverletzungen. Unter diesen Bedingungen vermehren sie sich sehr stark. Bakterien, welche lediglich aussen an der Schale anhaften, sterben bei abgetrockneten Bedingungen am Lager wieder ab. Auch ohne das Auftreten von Nassfäule erhöht sich bei ungünstigen Lagerbedingungen das Risiko für eine weitere Ausbreitung im Folgejahr. Ein gutes Lagerklima ist deshalb gerade auch bei Pflanzkartoffeln sehr bedeutend.

Verschiedene Aspekte der Krankheit von *Erwinia chrysanthemi*



Fotos : SEMAG Lyssach

Schaden

Befallene Stauden sterben oft ganz ab oder sind in ihrer Leistungsfähigkeit stark reduziert. Nassfäule im Feld kann ebenfalls zu erheblichen Ernteverlusten führen. Die weitere Ausbreitung der Nassfäule am Lager konnte in den vergangenen Jahren dank verbesserter Lagertechnik besser unter Kontrolle gebracht werden. Für den Pflanzkartoffelproduzenten kommt hinzu, dass der Befall mit *Erwinia* zur Abweisung führen kann. Pflanzkartoffeln können bei Nassfäule nicht wie die Konsumware vorzeitig verwertet werden. Sie müssen auch im Frühling bei erhöhten Temperaturen zur Vorkeimung noch lagerfähig sein.

Bekämpfung

Es sind keine praktikablen chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten bekannt. Der Produktion von gesundem Pflanzgut mit tiefem Bakterienbefall kommt deshalb eine zentrale Bedeutung zu. Das Säubern der Kulturen ist ein wichtiger Bestandteil, aber keine Garantie für die Ernte von gesundem Pflanzgut. Denn die Knollen können auch stark mit Bakterien infiziert sein, ohne dass die Symptome im Feld ersichtlich sind. Bei der Beurteilung des Gesundheitszustandes eines Pflanzgutpostens müssen demnach auch die Erfahrung aus den vorigen Generationen und den Parallelposten (gleiches Ausgangspflanzgut) einbezogen werden.

Der Produzent kann durch eine gute Anbau- und Lagerpraxis das Risiko eines Befalls mit *Erwinia* mindern. Je grösser das Risiko aufgrund der Witterung, umso wichtiger werden die Massnahmen im Anbau und in der Lagerung.

Faktoren welche zu einem hohen Befallsrisiko führen

- mit *Erwinia* kontaminiertes Pflanzgut
- Standorte, welche leicht verschlammten zu Staunässe neigen
- Bodenverdichtungen
- feuchte Witterung
- Ernte bei feuchten Bedingungen
- anfällige Sorten*

* Die Resistenz gegen *Erwinia* ist nicht für alle Sorten bekannt und ist Gegenstand von aktuellen Untersuchungen. Zu den resistenteren Sorten gehören Charlotte, Désiree und Innovator.

Massnahmen zur Produktion von Pflanzgut mit wenig Befall

Ausgangs-Pflanzgut	Nach Erhalt bis zur Vorkeimung die Prinzipien einer guten Lagerhaltung beachten (kühl, trocken, mit Sauerstoff, s. Lagerung unten). Verletzungen der Keime vermeiden, sie dienen als Eintrittspforte.
Standort	Auf Standorte verzichten, wo Staunässe und Verschlammung häufig sind. Diese jedenfalls nicht mit anfälligen Sorten bepflanzen.
Schonende Bodenbearbeitung	Gefahr der Verdichtung und Verschlammung vermindern. Bodenstruktur durch schonende Bearbeitung fördern. Egge und Dammfräse nicht zu intensiv einsetzen (feine Oberfläche erhöht die Gefahr der Verschlammung).
Vermeiden von Fahrspuren	Dammfräse und Krautschläger bei abgetrockneten Bedingungen einsetzen.
Zurückhaltende Bewässerung	Wassergaben so dosieren, dass keine Verschlammung und keine Staunässe entstehen.
Säuberung	Bestand regelmässig Säubern, an <i>Erwinia</i> erkrankte Stauden und die zugehörigen Knollen ausgraben und vom Feld tragen. Die Zahl der gesäuberten Stauden notieren und dem Feldbesichtiger melden.
Rodung	Ernte bei abgetrockneten Bodenverhältnissen. Erntegeschwindigkeit so anpassen, dass faule Knollen bereits auf der Erntemaschine aussortiert werden können. Vernässte Stellen im Feld zuletzt separat ernten. Pflanzkartoffeln schonend nach den Prinzipien der Speisekartoffeln ernten (Fallstufen und Verletzungen vermeiden).
Lagerung (s. auch unten)	Grundsatz: trocken, kühl und mit genügend Sauerstoff. Erntegut schnell abtrocknen (belüften). Kondenswasser vermeiden. Lagerhygiene beachten.

Prinzipien einer guten Lagerpraxis

Bedeutung Eine kühle und trockene Lagerung mit genügend Frischluft ist eine wichtige Voraussetzung für gesundes und widerstandsfähiges Pflanzgut, auch wenn keine Nassfäule vorhanden ist. Bei Posten mit hohem Risiko (feuchte Ernte, nassfaule Knollen) wird die gute Lagerpraxis umso wichtiger.

**Phase 1
Abtrocknung** In der Lagerung wird zwischen vier Phasen unterschieden: Abtrocknung, Wundheilung, Abkühlung, Hauptlagerung. Die höchste Bedeutung für die Bekämpfung von *Erwinia* hat eine schnelle Abtrocknung möglichst bald nach der Ernte. Idealerweise wird die Partie innerhalb der ersten drei Tage eingelagert und aktiv mit trockener Luft belüftet (10-12 Std. pro Tag, 50 m³/t/h). Je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist damit die Partie innerhalb weniger Tage abgetrocknet. Feucht geerntete Partien sollten in den ersten drei Tagen nach der Einlagerung rund um die Uhr belüftet werden. Falls die Kartoffeln in Kisten gelagert werden und nicht mit *Erwinia* belastet sind, kann mit ausreichender Zufuhr von Frischluft auch ohne Ventilation eine Abtrocknung in nützlicher Frist erreicht werden. Um die Paloxen herum muss genügend Luft zirkulieren können. Deshalb ist zwischen den Paloxen ein Abstand von mind. 15 cm, gegen die Lagerwand 0.5 m und zur Decke hin mind. 0.75 m Abstand einzuhalten. In jeder Phase der Lagerung gilt es, die Bildung von Kondenswasser unbedingt zu vermeiden. Daher soll die Luft zur Belüftung 3-5°C unter der Temperatur im Kartoffelstapel liegen (nachts belüften). Wärmere Luft kann zu Kondenswasser führen, falls sie nicht genügend trocken ist.

**Phase 2
Wundheilung** Sobald die Kartoffeln trocken sind, sollen Wunden an den Knollen verheilen und verkorken. Damit reduziert sich das Risiko von Infektionen. Zur Wundheilung muss die Belüftungsdensität reduziert werden. Doch auch hier brauchen die Knollen genügend Frischluft zur Abführung von CO² und überschüssiger Wärme. Es wird deshalb mehrmals pro Tag für 0.5-1 Stunde belüftet (50-80 m³/t). Optimal zur Wundheilung sind Temperaturen zwischen 12 und 15°C. Die Wundheilung dauert ca. 7-10 Tage.

Phase 3 Abkühlung

Lagerprofis senken anschliessend an die Wundheilung die Stapeltemperatur stetig um 0.3 - 0.5°C pro Tag bis auf 2-4°C mit einer Kühlung. Wer mit Aussenluft arbeitet, lüftet, sobald diese 3-5°C unter der Temperatur im Stapel liegt (Nacht oder frühe Morgenstunden nutzen). Bei unter 10°C wird die Vermehrung von *Erwinia* stark gebremst, bei 4°C kommt sie zum Erliegen. Zur Sortierung darf das Erntegut jedoch nicht unter 10°C aufweisen.

Phase 4 Hauptlagerung

Während der Hauptlagerung wird die Temperatur im Stapel konstant bei 3-5°C gehalten. Zur Abführung der Wärme wird täglich während 1-2 Stunden belüftet (mit Luft 3-5°C unter Stapeltemperatur). Kühle Luft sollte sich vor dem Kontakt mit den Knollen mit der Luft im Lagerraum vermischen können, damit sie nicht zu Frost führt. Je niedriger die Luftfeuchtigkeit, umso niedriger ist die Gefahr der Fäulnis, aber umso grösser der Gewichtsverlust des Erntegutes. Der ideale Kompromiss zur Lagerung von Pflanzkartoffeln liegt bei 85-90% Luftfeuchtigkeit und ist damit etwas tiefer als bei Speisekartoffeln.

Loselagerung nicht zu hoch

Falls die Kartoffeln lose gelagert werden, soll der Stapel mit horizontalen Lüftungskanälen versehen werden. Die Höhe des Stapels richtet sich nach der Möglichkeit zur Belüftung. Falls nicht mit Gebläse belüftet wird, so ist eine Stapelhöhe von 2 m nicht zu überschreiten, bei guter Belüftung kann sie bis 3.5 m betragen. In Bezug auf *Erwinia* ist die Ernte und Lagerung in Kisten der Loselagerung vorzuziehen. Damit ist die Belüftung oft besser gewährleistet und die Manipulationen an den Knollen werden auf ein Minimum reduziert.

Manipulationen minimieren

Jegliche Manipulation sorgt für eine weitere Verschleppung der Bakterien. Sogar das Verschieben der Kisten mit dem Stapler kann zum Austreten von Faulbrei und zur Kontamination der Nachbarknollen führen.

Vorgehen bei Risikoposten

Informieren sie ihre VO und klären mit ihr das Vorgehen betreffend Lagerung ab. Bei nicht optimalen Lagermöglichkeiten sollten die Kartoffeln ab Ernte in ein geeignetes Lager geliefert werden.

Lagerhygiene beachten

Über Maschinen, Förderbänder und Sortieranlagen werden Keime verschleppt und gesunde Warenpartien kontaminiert. Deshalb ist auf eine gute Sauberkeit zu achten. Ablagerungen von Erde und Faulbrei enthalten sehr viele Bakterien und können grosse Mengen der nachfolgenden Knollen kontaminieren. Nach einer mechanischen Grobreinigung und der Reinigung mit dem Hochdruckreiniger sind die meisten Bakterien entfernt. Die Überlebensfähigkeit von *Erwinia* beträgt auf nacktem Metall oder Beton nur einige Stunden bis wenige Tage. Sie steigt stark an, solange Erde oder Pflanzenreste vorhanden sind. Im Ausland wird vermehrt auch eine Desinfektion von Einrichtungen und Geräten empfohlen oder gar vorgeschrieben. Das dafür zugelassene Produkt „MENNO Florades“ hat sich in Deutschland bewährt und wirkt auch gegen viele andere Krankheitskeime. Praktische Schaumspritzdüsen lassen sich an einen Gartenschlauch anschliessen und sorgen für die Zumischung des Produktes. Eine Desinfektion ersetzt jedoch die Reinigung nicht. Zudem vermindert eine unsachgemässe Reinigung die Wirkung einer nachfolgenden Desinfektion.

Folgendes Vorgehen wird empfohlen: Mit Nassfäule befallene Partien wenn möglich am Schluss sortieren. Nach problematischen Partien Sortieranlagen und Förderbänder mechanisch Grobreinigen und mit dem Hochdruckreiniger waschen, zumindest aber die Ablagerungen von Erde und Faulbrei entfernen. Falls die Anlage bald wieder benutzt werden soll, kann auch der relativ kleine Zusatzaufwand einer Desinfektion empfohlen werden. Am Ende einer Kampagne sind Lagerraum, Gerätschaften und Maschinen mit dem Hochdruckreiniger zu waschen. Kisten sollen nach Partien mit Fäulnis oder sobald sie stark verschmutzt sind gewaschen und allenfalls desinfiziert werden.

Nassfaule Knollen früh aussortieren

Gute Erfahrungen werden gemacht, indem nassfaule Knollen bereits aussortiert werden, bevor sie in die Sortieranlage gelangen. Dazu werden die Kisten langsam gekippt, während eine Person daneben steht und aussortiert.

Vorsicht bei Lagerung am Feldrand

Vorsicht bei Abdeckungen der geernteten Knollen am Feldrand mit Blachen. Eine Abdeckung über Nacht sollte am frühen Morgen wieder entfernt werden, um die Bildung von Kondenswasser zu vermeiden. Allerdings ist das Erntegut unbedingt auch vor einem Regenguss zu schützen. Dieser kann sich bei befallenen Posten verheerend auswirken. Am besten wird die Ware noch gleichentags unter Dach gebracht.