



Schwarzbeinigkeit



Knollennassfäule

Schwarzbeinigkeit und Nassfäule vorbeugend bekämpfen!

Die durch drei Bakterienarten verursachte Schwarzbeinigkeit gehört in der Pflanzgutproduktion in Europa zu den ökonomisch bedeutendsten Krankheitserregern im Kartoffelbau. In den letzten fünf Jahren war die Schwarzbeinigkeit in der Schweiz der häufigste Grund für Abweisungen bei der Zertifizierung von Pflanzgutposten.

Andreas Keiser und Patrice de Werra, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Zollikofen, Schweiz

Der jährliche Verlust in der Pflanzgutproduktion wird allein in den Niederlanden auf ca. 30 Millionen Euro beziffert. Die von den gleichen Bakterien verursachte Nassfäule führt bei ungünstigen Bedingungen auch zu großen Verlusten bei Speisekartoffeln insbesondere während der Lagerung. Mangels wirksamer direkter Bekämpfungsmaßnahmen ist das Beachten von vorbeugenden Maßnahmen während des gesamten Kartoffeljahres von entscheidender Bedeutung.

Drei Bakterienarten verursachen ähnliche Symptome

Es werden drei Arten von Bakterien unterschieden, welche Symptome an Blättern und Stängeln und an den Knollen verursachen können (siehe Tabelle und Extra-Kasten). Die Symptome (Welke und Fäulnis) sind sich sehr ähnlich

und nur eine Laboranalyse ermöglicht eine sichere Zuordnung zu einem der Bakterien.

Dickeya sp. (*D. solani*, *D. dianthicola*): Diese Art stammt aus tropischen Regionen und ist vermutlich über Pflanzgut

Tab. 1: Schaderreger und Symptome im Feld

Neue Bezeichnung	Alte Bezeichnung	Bedeutung	Weitere Wirtspflanzen
<i>Dickeya</i> spp. (<i>D. solani</i> / <i>D. dianthicola</i>)	<i>Erwinia chrysanthemi</i> (Ech)	<ul style="list-style-type: none"> • häufigster Erreger der Schwarzbeinigkeit in der Schweiz (Bedeutung hat zugenommen) • bevorzugt wärmere Temperaturen • überlebt im Boden ohne Wirtspflanze nur kurze Zeit 	Kartoffel, Tomaten, Endivie, Artischocke, Dahlien etc.
<i>Pectobacterium atrosepticum</i> (Pa)	<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>atroseptica</i> (Eca)	<ul style="list-style-type: none"> • häufiger Erreger der Schwarzbeinigkeit in nördlichen Ländern Europas • bevorzugt kühlere Temperaturen • überlebt im Boden ohne Wirtspflanze nur kurze Zeit 	weitgehend auf Kartoffeln beschränkt
<i>Pectobacterium carotovorum</i> (Pcc)	<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>carotovora</i> (Ecc)	<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 (Kartoffeln, Gemüse, Sonnenblumen, Tabak etc.)

nach Europa importiert worden. Höhere Temperaturen (25–30 °C) fördern diese Art. Neben Kartoffeln zählen unter anderem Tomaten, Endivie und Artischocken zu den Wirtspflanzen. Seit den 70er-Jahre hat *Dickeya* in den wärmeren Regionen Europas *Pectobacterium atrosepticum* zunehmend verdrängt. Nach Untersuchungen der schweizerischen Forschungsanstalt Agroscope Changins ist das wärme-liebende *Dickeya*-Bakterium heute der wichtigste Erreger der Schwarzbeinigkeit in der Schweiz. Dieses Bakterium zeichnet sich durch eine hohe Pathogenität bei Kartoffeln aus. Ohne Wirtspflanzen überlebt es im Boden nur wenige Monate.

***Pectobacterium atrosepticum* (Pa):** Dieses Bakterium bevorzugt kühlere Temperaturen und verursacht deshalb häufiger Schwarzbeinigkeit in den nördlichen Ländern Europas. Neben den Kartoffeln werden keine weiteren Ackerkulturen befallen. Ohne Wirtspflanzen überlebt es im Boden ebenfalls nur kurze Zeit.

***Pectobacterium carotovorum* ssp. *carotovorum* (Pcc)** ist im Boden, auf Pflanzenresten und auf den Knollen weit verbreitet. Dieses Bakterium ist relativ schwach und verursacht alleine nur selten Schwarzbeinigkeit. Es wird oft bei Stängelfäule isoliert. Befall tritt meist erst nach Verletzungen oder als Sekundärinfektion auf. Bei ungünstigen Erntebedingungen



Bakterielle Welke

führt dieses Bakterium über Verletzungen oft zu Knollennassfäule am Lager. Pcc hat ein sehr breites Wirtsspektrum und überdauert relativ gut im Boden.

Krankheitsverlauf

Die Pflanzknollen können infiziert sein, ohne dass Symptome erkennbar sind (latente Infektion). Die Bakterien befinden sich zwischen Zellen in den Atmungsöffnungen (Lentizellen), in Wunden unter der Korkschicht oder in den Leitgefäßen befallener Pflanzknollen. Bei

hoher Bodenfeuchtigkeit und Sauerstoffmangel können sich die Bakterien explosionsartig vermehren, was den Wasserfluss in den Stängeln stört und zu Welkesymptomen führt. Sie produzieren nun genug Enzyme (Pektinasen), um die Zellwände der Knollen und des Sprosses aufzulösen, was zu Schwarzbeinigkeit, Stängelfäule oder Nassfäule an den Knollen führt.

Die Infektion der Tochterknollen kann über die Leitgefäße der Stolonen oder mit dem Bodenwasser durch Infektion über die Wurzeln oder Lentizellen an den Knollen erfolgen. Im Boden sind die Bak-

Drei Bakterien, aber ähnliche Krankheitssymptome!

Die Symptome können sich je nach Sorte, Witterung, Befallszeitpunkt unterschiedlich ausdragen.

Bakterielle Welke:

Erste Symptome im Feld sind oft einzelne welke Blätter, die bei hohen Temperaturen rasch auf die ganze Pflanze übergreifen können. Ausgelöst wird die Welke durch eine Verstopfung der Gefäßbündel durch die sich rasch vermehrenden Bakterien. Bei kühler, feuchter Witterung können sich die Pflanzen auch erholen.

Die **Schwarzbeinigkeit** kann je nach Witterung an jungen Pflanzen bereits im Mai auftreten oder erst zu Beginn des Sommers (Juni/Juli). Oft erkranken nur einzelne Triebe. Diese weisen im Erdreich und bis zu mehreren Zentimetern über dem Boden eine tiefschwarze bis hellbraune, oft schleimige Verfärbung auf. Die Stolonen zeigen die Färbung

ebenfalls. Die Triebe knicken häufig um und lassen sich leicht aus dem Boden ziehen, da ihre Wurzeln zerstört sind. Befallene Triebe sterben oft rasch vollständig ab.

Die **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 von Verletzungen (z. B. nach starken Niederschlägen) ausgehen oder durch einen Aufstieg der Erreger im Innern des Stängels verursacht werden.

Die **Knollennassfäule** tritt häufig in Verbindung mit Schwarzbeinigkeit oder Stängelfäule 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 eindellt. 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. Das zersetzte Gewebe wird oft zusätzlich von anderen Bakterien und Pilzen besiedelt, wodurch unter anaeroben Bedingungen ein sehr widerlicher Geruch erzeugt wird (Buttersäure) und ein eitrigem Schleim entsteht.



Stängelfäule



Gefäßbündelverbräunung

terien umso mobiler, je höher der Wassergehalt ist. Feuchtigkeit und Sauerstoffarmut führen auch dazu, dass die Korkschicht der Lentizellen in den Knollen anschwillt und durchlässig wird. Damit können die Bakterien tiefer in die Schale der Tochterknollen eindringen. Ein hohes Übertragungsrisiko besteht bei ungünstigen Erntebedingungen. Versuche in Holland haben gezeigt, dass nassfaule Knollen gesunde Knollen bei der maschinellen Ernte über eine Strecke von bis zu 30 Metern infizieren können. Am Lager werden die Verbreitung und das Eindringen begünstigt durch 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.

Integrierte Bekämpfung über die gesamte Wertschöpfungskette

Das Ziel eines Forschungsprojektes unter der Leitung der Hochschule für Ag-

rar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zollikofen (CH) ist die integrierte Bekämpfung der Schwarzbeinigkeit auf den verschiedenen Stufen der Produktion. Im Rahmen dieses Projektes soll unter anderem eine Nachweismethode mittels PCR entwickelt und validiert werden, die einen routinemäßigen Nachweis der Bakterien *Dickeya*, *Pa* und *Pcc* im Rahmen der Zertifizierung von Pflanzgut ermöglicht. Aus einem möglichst repräsentativen Muster von 300 Knollen pro Posten wird die DNA (Erbsmaterial) der Bakterien in latent infizierten Knollen isoliert und mittels spezifischen Primern bestimmt. In der Periode 2010–2013 wurden an der HAFL mit dieser Methode zahlreiche Pflanzgutproben auf Bakterienbefall untersucht. 400 Knollen dieser Posten wurden anschließend in randomisierten Feldversuchen an drei verschiedenen Standorten gepflanzt. Während der Vegetation wurden die Pflanzen regelmäßig auf Befall kontrolliert (Welkesymptome, Schwarzbeinigkeit, Nassfäule). Pflanzen mit Krankheitssymptomen wurden im Labor untersucht zur Bestimmung der Bakteri-

erart, welche den Befall verursacht hat. Das Erntegut jedes Standortes wurde als Pflanzgut für das nächste Jahr verwendet. So konnte die Krankheitsentwicklung der Pflanzgutposten in Abhängigkeit des Standortes über drei Jahre beobachtet werden.

Pflanzgut ist die wichtigste Infektionsquelle

Die Ergebnisse über diese drei Jahre haben klar gezeigt, dass der latente Bakterienbefall des Pflanzgutes die wichtigste Infektionsquelle für die Schwarzbeinigkeit darstellt. Mit den Pflanzgutanalysen konnte mit hoher Sicherheit vorausgesagt werden, bei welchen Pflanzgutposten sich im Feld später Symptome von Schwarzbeinigkeit entwickeln werden. Die Zuverlässigkeit des Tests über 3 Jahre lag für *Dickeya* ssp. (dem wichtigsten Erreger der Schwarzbeinigkeit in der Schweiz) bei beinahe 95 %, dies bei einer total untersuchten Anzahl von 115 Pflanzgutposten. Untersuchungen in Holland zeigten ähnliche Ergebnisse. Ei-

Verschiedene gebrauchte Botman Kluten- und Steintrenner, Waschtrommel generalüberholt, von 20 bis 60 Tonnen pro Stunde.

Ersatzteile für alle Botman-Maschinen auch bei uns erhältlich!
Wir bauen auch neue Steintrenner und Waschmaschinen



Weitere Informationen, technische Daten und Preise erfahren Sie unter
Telefon: +(31)653719915 oder besuchen Sie unsere Website.

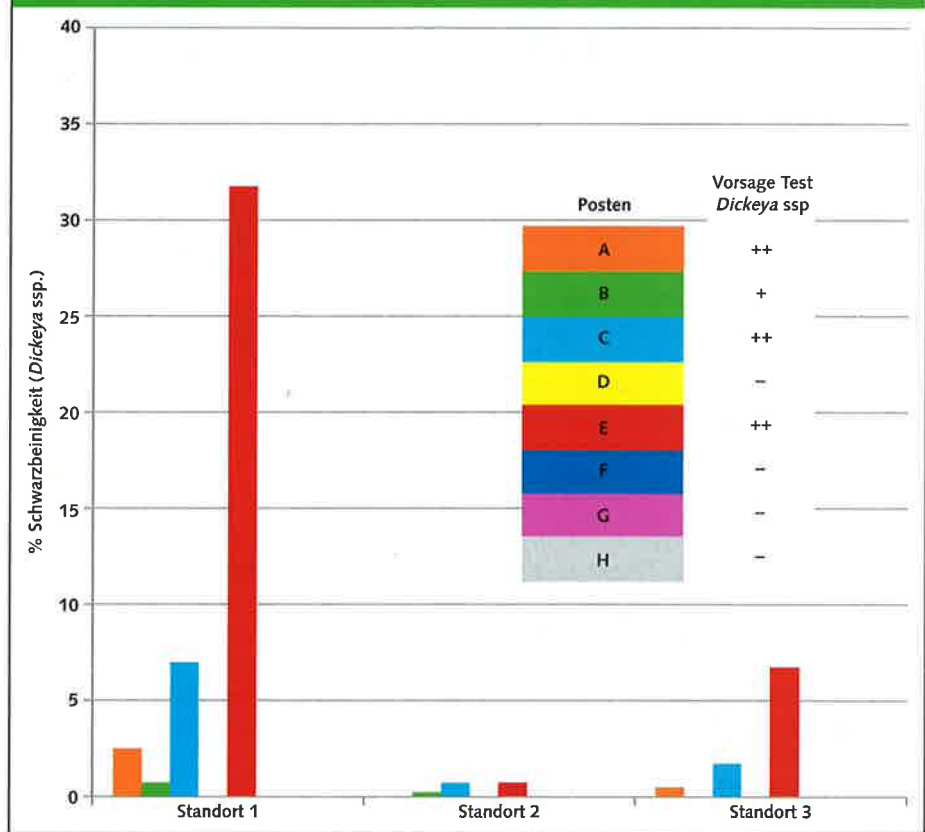
**Steenvoorden
Machines BV**
Wijdenesspaansweg 76
NL-1764 GK Breezand

Telefon privat: +(31)223-522135
Telefax: +(31)223-521480
Mobil: +(31)653-719915
E-Mail: fred.steenvoorden@hetnet.nl
Website: www.fredsteenvoorden.nl

ne Pflanzgutanalyse könnte demnach einen wesentlichen Beitrag zur Bekämpfung der Schwarzbeinigkeit leisten und wäre ein wichtiges Hilfsmittel für die Züchter und Vermehrer bei der Auswahl der Posten zur Weitervermehrung.

Die Ergebnisse machen auch deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung von *Dickeya* ssp. oder *Pectobacterium atrosepticum* über den Boden oder die Fruchtfolge bei ausreichenden Anbaupausen sehr gering ist. Die Verwendung von befallsfreiem Pflanzgut stellt demnach die wichtigste vorbeugende Maßnahme dar. Die Feldversuche haben auch kritische Faktoren für die Krankheitsentwicklung aufgezeigt. Die unterschiedlichen Boden- und Wetterbedingungen führten bei identischem Pflanzgutbefall zu einer sehr unterschiedlichen Krankheitsentwicklung an den verschiedenen Standorten (Abb. 1). Hohe Bodenfeuchtigkeit in den Wochen nach der Pflanzung begünstigte die Bakterienentwicklung in den befallenen Mutterknollen und führte zu deutlichen Symptomen an den Pflanzen. Bei hoher Bodenfeuchtigkeit über längere Phasen konnte zudem eine starke Ausbreitung des Befalls durch Übertragung in den Reihen durch das Bodenwasser beobachtet werden (Abb. 2). Bei trockenen Bedingungen blieb der Befall hingegen auf die Pflanzen mit latent befallenen Mutterknollen beschränkt. Die Versuche liefern auch wichtige Erkenntnisse zur Übertragung der Bakterien auf die Tochterknollen. In Feldern mit sehr starkem Befall (> 20 % Pflanzen mit Schwarzbeinigkeit) war teilweise nur ein sehr geringer Anteil der geernteten Tochterknollen befallen. Dies bedeutet: Der Befall einer Pflanze mit Schwarzbeinigkeit führt nicht automatisch zu befallenen Tochterknollen. Die Übertragung der Bakterien durch die Stolonen zu den Tochterknollen geschieht offenbar nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit. Wahrscheinlicher ist, dass die Bakterien von befallenen Pflanzen auf den Boden gelangen und über das Bodenwasser die Nachbarpflanzen über Wurzeln oder die Knollen über die Lentizellen infizieren. Dementsprechend konnte beobachtet werden, dass die Bodenfeuchtigkeit in den Wochen vor der Ernte für die Infektion der Tochterknollen von großer Bedeutung ist. In unseren Versuchen lag der latente Befall der geernteten Knollen in zwei von drei Versuchsjahren tiefer als der Ausgangsbefall im Pflanzgut und dies trotz teilweise starkem Befall mit Schwarzbeinigkeit im Feld. Eine deutliche Zunahme

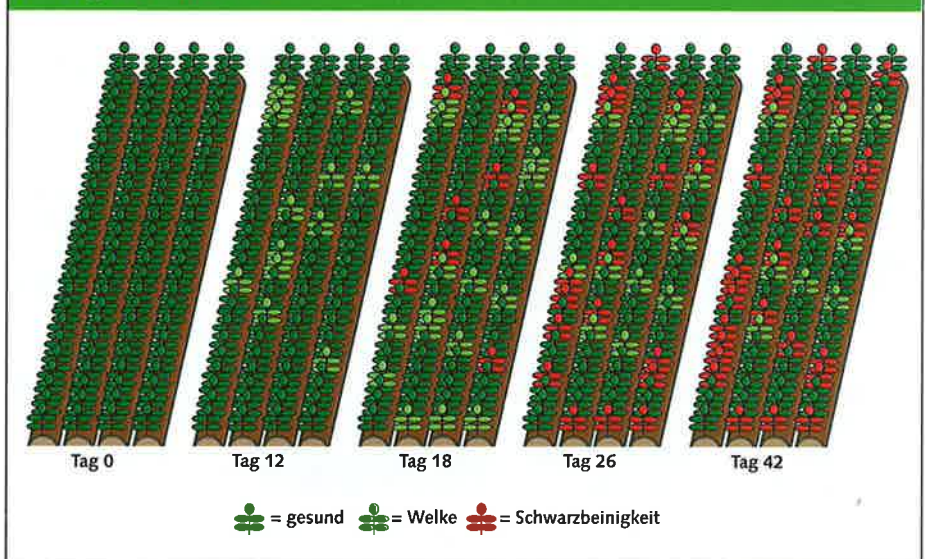
Abb. 1: Pflanzgutanalyse für *Dickeya* ssp. bei 8 Pflanzgutposten (++ starker latenter Befall, + schwacher latenter Befall, – kein Befall) und Entwicklung der Krankheit im Feld in % Pflanzen mit Schwarzbeinigkeit an drei Standorten 2012.



des latenten Befalls beim Erntegut war nur 2012 zu beobachten, als die Bedingungen für die Bakterien sowohl in den Wochen nach der Pflanzung als auch vor der Ernte günstig waren. Diese Ergebnisse machen auch deutlich, dass eine visuelle Kontrolle des Befalls an Pflanzen

bei der Pflanzgutproduktion keine sichere Aussage zum Befall der Ernteknollen zulässt.

Abb. 2: Krankheitsentwicklung (Welke und Schwarzbeinigkeit) auf einer Versuchsparzelle mit 100 Pflanzen im Verlauf der Vegetation 2010, latenter Pflanzgutbefall = 7 %



Projekt: Konzept zur integrierten Bekämpfung der pektinolytischen Bakterien in der Kartoffelproduktion

Die pektinolytische Bakterien (*Dickeya* spp., *Pectobacterium carotovorum*, *Pectobacterium atrosepticum*) verursachen große Schäden und ökonomische Verluste in der Kartoffelproduktion. In einem internationalen Projekt (2010–2014) unter der Leitung der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) soll in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Kartoffelbranche, der Forschungsanstalt Agroscope Changins, der INRA Rennes und der Firma BIOREBA ein Konzept für eine optimierte integrierte Bekämpfung erarbeitet werden.

Wichtige Ziele des Projektes sind:

- Entwicklung einer Methode für den routinemäßigen Nachweis und die Interpretation von Pflanzgutbefall bei der Zertifizierung von Pflanzgut
- Identifizierung und Quantifizierung der wichtigsten Risikofaktoren für die Kontamination von Kartoffelposten
- Entwicklung des Konzepts zur integrierten Bekämpfung in Zusammenarbeit mit Vertretern aller Stufen der Branche

Projektpartner

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL)
Zollikofen CH (Projektleitung)
INRA Rennes (Projektleitung Frankreich)
Agroscope ACW, Changins
BIOREBA AG, Reinach
swissem, Dachorganisation der Saatgutvermehrung der ganzen Schweiz
swisspatat, Branchenorganisation der Kartoffelwirtschaft
Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants
Fédération Nationale des Producteurs de Plants de Pomme de Terre

kämpfung dieser Bakterienkrankheiten. Pflanzgutanalysen könnten helfen, latent befallene Posten im Rahmen der Pflanzgutzertifizierung zu identifizieren.

- Durch eine geeignete **Standortwahl** und eine **schonende Bodenbearbeitung** sind Staunässe, Verschlämzung oder Verdichtung zu vermeiden, da die Bakterien bei hoher Bodenfeuchtigkeit und Sauerstoffmangel gefördert werden. Aus demselben Grund muss die Bewässerung dosiert erfolgen, um stehendes Wasser zu vermeiden.
- Im Rahmen einer guten Fruchtfolge mit Anbaupausen von mindestens drei Jahren ist das Risiko für Übertragung von *Dickeya* oder *Pa* gering. Wichtig ist die Bekämpfung von Durchwuchskartoffeln.
- Die **Ernte** soll bei möglichst trockenen Bodenverhältnissen erfolgen. Vernässte Stellen oder Feldteile mit Befall sollen möglichst zuletzt separat geerntet werden.
- Das **rasche Abtrocknen** der Knollen nach der Ernte (Belüftung zur Wundheilung), eine einwandfreie Lagerhygiene und optimale Lagerbedingungen reduzieren das Risiko von Infektionen und Verlusten am Lager. <<

Erster Schritt in die Praxis

2013 erfolgt in der Schweiz im Rahmen des Projektes ein erster „Praxistest“ der Pflanzgutanalyse in Zusammenarbeit mit der Pflanzgutindustrie (swissem). Knollenmuster (300 Knollen) von 50 Import- und Vermehrungsposten wurden nach der oben beschriebenen Methode an der HAFL untersucht. Im Rahmen der offiziellen Zertifizierung wird die Krankheitsentwicklung aller Vermehrungsfelder beobachtet und bei Krankheitsbefall im Labor die Bakterienart bestimmt. Die Ergeb-

nisse werden aufzeigen, ob sich die Pflanzgutanalyse für einen routinemäßigen Einsatz in einem größeren Maßstab im Rahmen der Pflanzgutzertifizierung eignet.

Fazit

- Mangels direkter Bekämpfungsmaßnahmen ist die konsequente Durchführung vorbeugender Maßnahmen entscheidend.
- **Gesundes, befallsfreies Pflanzgut** ist der bedeutendste Faktor für die Be-

■ KONTAKT ■■■

Prof. Dr. Andreas Keiser

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, Schweiz

Telefon: 0041 319102150
Andreas.keiser@bfh.ch

Kartoffelgrosskisten

jeder Art in bestem Preis-/Leistungsverhältnis
Holzarten, Ausführungen bis ins Detail nach Ihren Wünschen, stabil u. bewährt, jede Bauart, jede Größe (bis 2,3 to.)
LKW-Ladungen u. Frühbezug bes. preisw., schnelle Lieferung u. Montage vor Ort durch uns. In begr. Umfang auch Holzart Lärche mögl.
A. Weishaupt Grosskisten
☎ 07542/4745 ☎ 07542-1306
www.grosskisten.com
p.s.: Wir haben unsere Produktionskapazitäten erweitert.
Noch bessere Qualität in kürzerer Zeit lieferbar.



Kartoffelaufbereitungstechnik

FR. DEHNE – ISI

155 Jahre Qualität aus Halberstadt

ISI M.-K. Thormann
Doris-Körte-Str. 35
Tel. 03941 – 6715 • Fax - 671686
www.isi-dehne.de



Schüttbunker • Enterder • Sortieranlagen • Absackwaagen •
Aufnahmegeräte • Verlesetische • Fallsegel • Kistenfüller •
Förderbänder • Steintrenner • Bürstenmaschinen • Big – Bag – Füller
Sortiersiebe (blank und gummiert) aller Typen Ersatzteile für DDR - Alttechnik