

## Phytophans infestans und andere Schädlinge

In den siebziger Jahren des 18. Jahrhunderts wird zum ersten Mal über die Kräuselkrankheit berichtet. Eine weitere Krankheit wurde durch einen Schimmelpilz, erstmals in Irland 1795, verursacht. Die Schwarzfäule, die die ganze Pflanze befällt, wurde erstmals 1833 festgestellt; sie überträgt sich bei Zusammenlegen von befallenen Kartoffeln mit gesunden Knollen auch auf diese. Eine vierte – und die schlimmste Krankheit – ist die Braunfäule, die aus Amerika stammt und erstmals im Juni 1845 auf der Insel Wright erwähnt wird.

Man nimmt an, daß am Anfang der Infektionskette ein einziges, über Mexiko aus dem Hochland von Peru in die Vereinigten Staaten eingeschlepptes Pilzindividuum stand, da nur ein einziger Kreuzungstyp gefunden wurde. Mexiko baute damals die Kartoffel nicht systematisch an, im Toluca-Tal fand man mehr als fünfzehn Rassen des Pilzes. Zwischen Pilzen aus dem Ural, Ruanda, England, der Schweiz, Philippinen und Brasilien besteht eine so hohe Ähnlichkeit, daß sie nur mit einer gemeinsamen Herkunft erklärt werden kann; es handelt sich um den sog. Typ US-1, der um 1840 nach Nordamerika eingeschleppt wurde und dann nach Europa kam. Der *Phytophthora infestans* kann sich geschlechtlich wie auch ungeschlechtlich vermehren. Der Erreger ist trotz moderner Fungizide immer noch virulent; ein Forscherteam an der Universität North Carolina hat deshalb ein genetisches Testverfahren zum Nachweis des Kartoffelschädling entwickelt. An acht in irischen, schottischen und französischen botanischen Archiven gefundenen Kartoffelpflanzen aus den Jahren 1845 bis 1847 erprobten die Forscher den neuen Test und konnten einen Abschnitt der Erbinformation des Schädling mit einhundert Basenpaaren entschlüsseln, so daß sie jetzt versuchen können, auf dieser Grundlage die Entstehungs- und Ausbreitungsgeschichte und einen Ansatz zur gezielten Bekämpfung zu finden.

Für die »Herzogthümer Schleswig, Holstein und Lauenburg« erstattet der Landcommissair Etatsrath Prehn am 13. Dezember 1845 einen Bericht über den Umfang der Kartoffelkrankheit und über den Einfluß auf die ökonomische Lage der Bevölkerung. Prehn beschreibt die Auswirkungen der Krankheit auf die Kartoffel und:

»Daß der Genuß des von der Krankheit ergriffenen Kartoffel für Menschen oder Vieh nachtheilige Folgen gehabt hätte, hat sich nirgends gehörig herausgestellt. In einer Versammlung des landwirtschaftlichen Vereins am Schleswig-Holsteinischen Canaal zu Gettorf, welcher ich am 13. v. M. beigewohnt habe, ist freilich von einem Arzt als Thatsache angeführt worden, daß bei den Mitgliedern einer Tagelöhnerfamilie, welche von der Seuche befallene Kartoffeln genossen hatte, Krankheitssymptome sich gezeigt hätten, die folglich nach dem Einstellen dieser Speise wieder gehoben wären, allein es ist dieses ein ganz vereinzeltes Factum, welches kaum Einiges entscheiden dürfte gegen die vielfältig vorgekommenen Fälle, wo erkrankte Kartoffeln ohne alle nachtheiligen Folgen als Nahrungsmittel für Menschen und Vieh befunden sind.«

Prehn spricht sich gegen ein Ausfuhrverbot von gesunden Kartoffeln aus, doch gibt er zu bedenken, daß ein solches Verbot erlassen werden sollte, wenn die Preise für Saatkartoffeln im Frühjahr 1846 zu stark steigen würden. Für »Brennkartoffeln«, die sowieso von minderer Qualität seien, sei dies jedoch nicht erforderlich. Für die »unvermögendere Classe« sei jedoch ein »moderater Preis« sicherzustellen.

Dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln ist es gelungen, in der Kartoffel ein Gen zu isolieren, das ihr einen besonderen Schutz gegen *Phytophthora infestans* verleiht. Das Gen mit der Bezeichnung »R1« ist nicht die einzige Erbanlage, die an der Abwehr des Pilzes beteiligt ist, doch wenn der schädliche Pilz eine Pflanzenzelle angreift, löst das von »R1« gebildete Eiweiß eine Signalkette aus, die in kürzester Zeit mehrere Abwehrreaktionen auslöst.

Eine Forschergruppe von der University of Wisconsin unter Leitung von Jiming Jiang haben jetzt in der Wild-Kartoffel *solanum bulbocastanum* ein Gen gefunden, daß zuverlässig vor der Kartoffelfäule schützt. Diese Kartoffelsorte verfügt über eine besondere Resistenz gegenüber dem Pilz *Phytophthora infestans* aufgrund des Gen »RB«. Nun soll das Gen in wirtschaftlich bedeutende Kartoffelsorten eingekreuzt werden. Übrigens hat man schon immer einzelne Resistenzgene in Wildkartoffeln gefunden: Allein elf Resistenzgene gegen bestimmte Erregerstämme sind bei der Kartoffelsorte *solanum demissum* gefunden worden.

Die Anfang des 20. Jahrhunderts in Nordamerika aufgetretene Kartoffelkrankheit wird ebenfalls auf eine mexikanische Wildform der Knolle zurückgeführt. Mit dem »Mexikanischen Papitaviroid« waren die Wildkartoffeln zwar infiziert, aber nicht krank. Interessant ist an diesem Erreger, daß er aus reiner Nukleinsäure besteht, die keine Ähnlichkeit mit der üblichen Kartoffel-Nukleinsäure aufweist – eine Folge früherer Züchtungsversuche, denn bei Wildformen aus den Anden ist diese Nukleinsäure nicht zu finden?

Binnen eines Monats wurde in allen europäischen Ländern von dieser Kartoffelkrankheit berichtet, die bei den Grimms »Faulseuche«, *morbus putrides*, genannt wird. Henri-Antoine de Bary, der Entdecker des Kartoffelpilzes, empfahl in den 1860er Jahren zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten ein Kupferkalkbrühe aus Kupfervitriol und Kalk – das erste Pflanzenschutzmittel<sup>1104</sup> bei der Kartoffel –, die ab 1887 großflächig gegen die Kartoffelkrautfäule eingesetzt wurde. Diese Kupfer-Kalk-Brühe oder eine Kupfersulfat-Lösung oder eine Schwefelsäurelösung, jeweils auf dem Feld verspritzt, verhindern diese Kartoffelkrankheiten. Um 1880 erfindet der französische Biologe und Weinbauspezialist Alexis Millardet (1838–1902) die »Bordelaiser Brühe« auf Kupfersulfatbasis und wendet sie auch auf Kartoffelfelder gegen den Mehltau an. Aber selbst wenn dies dem irischen Bauern, dem »Paddy«, bereits bekannt gewesen wäre: Sie hätten nicht das Geld, diese Mittel zu kaufen und zu verwenden. Insgesamt sind aus den Jahren 1700 bis 1900 mehr als zwanzig Kartoffelkrankheiten bekannt geworden.

Bereits von den ersten spanischen Eroberern in Südamerika wird von Krankheiten der Kartoffel berichtet. So wird eine von den Spaniern »Andinische Krankheit« genannte Kartoffelkrankheit erwähnt (in Quechua: *acapana-ayapcha*), die sich durch rote Flecken auf der Knolle bemerkbar macht. Eine andere Kartoffelkrankheit, »Verruga« in Quechua: »Sara papa Acoya«, ist durch warzenartige Auswucherungen gekennzeichnet; diese Krankheit trat auch bei der anderen wichtigen südamerikanischen Kulturpflanze Mais, auf und wird in spanischen Aufzeichnungen als »Zarnas carachos« aufgeführt.

Erste wissenschaftliche Beobachtungen der Kartoffelkrankheiten stammen vom Ende des 18. Jahrhunderts. 1782 gibt der Leininger Pfarrer Johannes Simon eine Schrift heraus (»Von der jetzigen Abartung der Kartoffel«), in der er von der »Abbau-Krankheit« berichtet und empfiehlt, neue Kartoffelsorten aus Samen zu züchten, da man »seit Anfang dieses Jahrhunderts nur immer durch Knollen fortgepflanzt hat.« Drei Jahre später schreibt Pastor Christian Friedrich Germershausen: »Die Ausartung der roten Kartoffel ist ein Übel, das sich immer weiter ausbreitet«, und die Krankheit führe zu einem geringeren Kartoffelertrag. Da von dieser Abbaukrankheit vorwiegend rotschalige Kartoffeln betroffen waren, wird empfohlen, auf solche Sorten zu verzichten. In der Pfalz wurden erkrankte Kartoffelpflanzen »Narren« genannt:

»Es sind ausgeartete Sorten und durch ihr »Blühen« verderben sie die guten. Beim Ernten müssen die Wurzeln solcher Narrenpflanzen sortiert und von den guten Knollen getrennt werden.«

Schon 1769 hatte der deutsche Botaniker J. H. Knoop, der einige Jahre lang mit der Pflege

---

1104 Dieses Mittel wurde jedoch bereits 1882 in Südfrankreich erfolgreich gegen den »Falschen Rebenmehltau« (*Plasmopara viticola*) eingesetzt und wurde als »Bordeaux-Brühe« bezeichnet. De Bary hat »nur« seine Anwendung auch für andere Pflanzen »entdeckt«.

der Gärten der friesischen Statthalter beauftragt war, festgestellt, daß die schon länger angepflanzten rotschaligen Kartoffeln nicht so schmackhaft waren wie die weißschaligen, die erst in neuerer Zeit angebaut wurden.

Der Botaniker und Direktor des Botanischen Gartens in München, Carl Friedrich Philipp von Martius (1794–1868), verwies 1845 auf den Gegensatz zwischen der ursprünglichen Heimat der Kartoffel in den Anden und dem mitteleuropäischen Klima und behauptete, daß aufgrund dieser Disharmonie die Kulturkartoffeln zunehmend an Anbauwert verlieren und somit einem natürlichen Abbauprozess unterliegen. Diese Theorie wurde noch 1927 von Prof. Dr. Friedrich Merckenschläger von der Biologischen Reichsanstalt in Berlin-Dahlem wiederholt; 1935 stellte sich durch Forschungen des Engländers Stanley heraus, daß diese ökologisch-klimatische Theorie falsch ist – man kann daraus auch schließen, daß manche These über die Schädlichkeit (oder aber das Gegenteil) von gentechnisch veränderten Pflanzen falsch sein könnte. Der »Abbau« beruht im wesentlichen auf das durch Blattläuse übertragene Blattroll- und Y-Virus.

Im frühen 19. Jahrhundert wurde dann festgestellt, daß Kartoffeln aus bestimmten Anbaugebieten besondere Krankheiten aufwiesen. Die belgische Mykologin Marie-Anne Libert (1782–1865) bemerkte bereits 1845, daß die erkrankten Pflanzen von einem Pilzgewebe durchzogen waren; Libert nahm jedoch irrtümlicherweise an, daß die Krankheit der Kartoffel den Pilz erzeuge. Die damalige vorherrschende Auffassung (als »romantische Naturphilosophie« bezeichnet) ging davon aus, daß sich phytopathogene Pilze aus »stockendem Pflanzensaft« entwickeln würden. Auch Justus von Liebig vermutete, daß der Krautfäule der Knolle die Folge, nicht die Ursache, des Pflanzentodes war. Dr. John Lindley, ein Botaniker und Herausgeber der Zeitschrift »The Gardener's Chronicle and Horticultural Gazette« schreibt 1845, daß die Wissenschaft der Kartoffelkrankheit hilflos gegenüber stehe. »Einer unser Korrespondenten ist verärgert über die Redaktion der Zeitschrift«, so schreibt Lindley in einem Editorial,

»weil wir keine Veröffentlichung über die Bekämpfung der Kartoffelkrankheit bringen. ... Wir erleben einen großen Schicksalsschlag, den wir ertragen müssen.«

Aber erst 1913 konnte der US-Amerikaner Orton brauchbare Erklärungen für Viruskrankheiten geben. 1920 wurden die Übertragungsmechanismen durch die Holländer Quanjter und Oortwin Batjes und in den 1930er Jahren durch Dr. E. Köhler erforscht. Viruskrankheiten wurden durch Blattläuse, insbesondere die Pfirsichblattlaus (gegen die Läuse hilft eine Nikotinbrühe), übertragen. Andererseits wurde bewiesen, daß rauhe Lagen mit ungünstigen Bedingungen für Blattläuse (Moor und Mittelgebirge oder küstennahe Gebiete) als Kartoffelpflanzgebiete besonders gut geeignet sind. Sollten künftig die Winter milder werden – wie die Prognosen für das künftige Weltklima lauten – und sie sich nur zögerlich ausmatschen, bestünde die Gefahr, daß sich die gegen Insektizide resistenten Blattläuse immer weiter verbreiten und damit der Knollenanbau geschädigt wird. Die resistenten Blattläuse werden durch Frost (Temperatur unter  $-2^{\circ}\text{C}$ ) besonders stark dezimiert, da sie bei niedrigen Temperaturen an die Oberfläche kommen und sich dort jedoch nicht ernähren können – sie verhungern innerhalb kurzer Zeit.

Die wichtigsten Kartoffelkrankheiten sind:

- Blattroll-, Mosaik-, Strichel- und Bukettkrankheiten (erkennbar am Rollen oder Verfärben der Blätter),
- die Kraut- und Knollenfäule,
- die Schwarzbeinigkeit (die auch beim Raps auftritt) mit nachfolgender Knollenaßfäule,
- die Fußkrankheiten (Abfaulen der Triebe und Fußvermorschung – Weißhosigkeit),
- der Kartoffelschorf (Pusteln auf der Schale der Knolle) und
- der anzeigepflichtige Kartoffelkrebs (verursacht durch den Pilz *Synchytrium endo-*

- bioticum).
- die *Kräuselkrankheit* wird durch einen Virus hervorgerufen, von Blattläusen übertragen. Der Virus kann die Ausbildung von Kartoffeln um etwa 70 Prozent vermindern, ohne daß dies während der Wachstumsphase erkannt werden kann.
  - der *Schimmelpilz* »*Botrytis cinerea*« befällt Blätter und die fast reifen Kartoffeln und überzieht die befallenen Pflanzen mit einem blaugrauen Schimmel, der die infizierten Teile der Pflanze schrumpfen und austrocknen läßt.
  - die *Schwarzfäule* ist daran zu erkennen, daß im Juni/Juli die Blätter gelb und Blüte und Stengel schwarz werden.
  - die *Braunfäule* oder Kraut- und Knollenfäule (Brand) wird von einem Algenpilz, nach Henri-Antoine (Heinrich Anton) de Bary<sup>1105</sup> (1831–1888), Professor der Botanik in Freiburg/Breisgau und ab 1872 in Straßburg, »*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary« genannt, hervorgerufen. 1853 identifiziert er die Entwicklungszyklen der Pilze. 1832 wird sie in Hannover erstmals in Europa festgestellt. Im Osten der Vereinigten Staaten wird sie 1842 entdeckt; es ist möglich, daß sie auf amerikanischen Schiffen, von denen Kartoffelschalen in den Ärmelkanal geschüttet wurden, wieder nach Europa kam<sup>1106</sup>. 1845 erhält die Braunfäule von dem Franzosen Montagne die Bezeichnung »*Botrytis infestans*«.

Die südamerikanischen Knollen sind weitgehend widerstandsfähig gegen die Krautfäule, weil anfällige Pflanzen über lange Zeiträume hinweg selektiert worden sind. Der Pilz überwintert in den Knollen; schon eine infizierte Kartoffel kann ausreichen, um eine Epidemie in einem Kartoffelfeld zu entfachen. In besonders feuchten Sommern hat der Pilz optimale Bedingungen zur Vermehrung. Schon ein Tag mit 100 Prozent Luftfeuchtigkeit und Temperaturen zwischen 13 und 20 Grad reichen aus, um den Pilz wild um sich greifen zu lassen, denn er ist immer noch in vielen Böden vorhanden.

Durch winzige Verletzungen, wie sie zum Beispiel der Saugrüssel einer Blattlaus hinterläßt, können Viren ins Innere einer Pflanze gelangen; dort vermehren sie sich dann und befallen weitere Zellen. Nach und nach dringen diese Viren bis zu den Leitungsbahnen vor, um sich dann sehr rasch in der gesamten Pflanze zu verbreiten. Bei der Vermehrung eines eingedrungenen Virus produziert dieser Ribonukleinsäure, gegen die sich üblicherweise eine Pflanze durch einen programmierten Tod befallener Zellen wehrt; zugleich werden an

---

1105 De Bary entstammte einer uradligen Hugenottenfamilie, die im 17. Jahrhundert in das Frankfurter Patriziat einheiratete. Er war der Entdecker der Flechtensymbiose, der Sexualität der Pilze und der Monogamie der Farne. 1861 veröffentlichte de Bary »Die Kartoffelkrankheit, deren Ursachen und Verhütung«.

Die nach dem deutsch-französischen Krieg an die neugegründete Straßburger Universität gerufenen Professoren waren weder von ihren Studenten begrüßt noch von der französischen Bevölkerung akzeptiert und mußten ein Außenseiterdasein führen, das viele bald wieder zurück ins Reich trieb.

1106 Die von M. Scholler 1996 geäußerte Ansicht, daß der *Phyphthora infestans* erst deshalb nach 1945 aus Amerika nach Europa eingeschleppt wurde, weil er die zuvor lang andauernde Hitze im Laderaum der Schiffe nicht überstehen konnte, widerspricht dem Stand der Kenntnisse. Der *P. infestans* kann auch solche Extremsituationen wie Wärme in Schiffsladungen überstehen; vielleicht kann der Pilz sogar die Temperaturen in Herbarien eine gewisse Zeit überstehen. Vor 1840 sind keine Lieferungen von lebendem *P. infestans* aus Amerika nach Europa gekommen. Die Kartoffelkrankheiten, die die Spanier in früheren Jahrhunderten versehentlich mitgebracht hatten, stammen sehr wahrscheinlich aus »kalten« Lagen in den Anden, wo die Braunfäule kaum vorkommt; auch heute ist Braunfäule in Chile kein Problem. Für 1840 gibt es Belege, daß größere Mengen Kartoffeln aus Philadelphia kamen; möglicherweise kamen die infizierten Kartoffeln sogar aus Mexiko.

benachbarte Zellen Warnsignale ausgesendet, die sich gegen das eingedrungene Virus wappnen und somit die ungehemmte Virusausbreitung verhindern. Danach ist die Pflanze immun gegen eine erneute Infektion durch diesen Virus. Eine Ausnahme von diesem erfolgreichen Abwehr-Mechanismus der Pflanze ist beim Kartoffelvirus X zu finden; dieser hindert infizierte Zellen daran, ein Warnsignal abzugeben. Ohne ein solches Warnsignal können sich bisher verschonte Zellen nicht auf einen Virus vorbereiten. Der Kartoffelvirus X kann sich also ungehindert ausbreiten und befällt relativ schnell die ganze Pflanze.

Man könnte manche der Kartoffelkrankheiten frühzeitig bekämpfen, wenn der Landwirt darauf achten würde, ob sich die Temperatur der Kartoffel verändert; bei infizierten Pflanzen erhöht sich die Temperatur um 0,3 bis 0,4 Grad, was mit einer Infrarotkamera gut zu beobachten sein würde. Es ist jedoch für den Landwirt einfacher, die infizierten Kartoffeln entweder auszusortieren oder einfach in den Handel zu bringen.

Nicht zu vergessen bei der Aufzählung der Schädlinge sind die Nematoden, auch Urwürmer genannt; das sind Schädlinge, die noch Mitte der 1960er Jahre als eine der hauptsächlichen Ursachen der Kartoffelmüdigkeit angesehen wurden. Es handelt sich um einen winzigen Fadenwurm, ein sog. Älchen, der auch im Rüben- und Haferbau eine gefährliche Rolle spielt. Man stellte fest, daß der Kartoffelnematode ein typischer Fruchtfolgeschädling ist, der meist dort auftritt und sich stark vermehrt, wo allzu oft auf ein und derselben Fläche Kartoffeln angebaut werden. Bei Nematodenbefall vertrocknen große Teile der Pflanze, die übrigen zeigen starken Kümmerwuchs. Kranke Stauden sind an der Wurzel mit perlschnurartig aufgereichte, fast stecknadelkopfgroße, weiße Kügelchen (Zysten) befallen. Diese Kügelchen sind die Hinterleiber befruchteter Weibchen. Kartoffelnematoden befallen auch Tomaten.

Forscher des Internationalen Kartoffelinstitutes in Lima sind 1998 zuversichtlich, daß ihnen ein Durchbruch im Kampf gegen die auch als »Falschen Mehltau« bekannte Kraut- und Knollenfäule gelungen sei. Der Krankheitserreger verursacht jährlich etwa fünfzehn Prozent Ernteverluste, allein in den Entwicklungsländern betragen die jährlichen finanziellen Einbußen rund 2,5 Milliarden Dollar bei gleichzeitig rund 750 Millionen Dollar für zusätzliche Pflanzenschutzmittel. Sobald »El Niño« die Witterung in den Tropen mit einem feuchtwarmem Klima beeinflusst, breitet sich der Pilz besonders erfolgreich aus. Durch wiederholte Selektion und Kreuzung von widerstandsfähigen Sorten sind jetzt Kartoffeln gezüchtet worden, die durch zehn bis zwanzig veränderte Erbanlagen gegen den Pilz resistent ist.

1994/1995 entwickelt die Biologische Bundesanstalt in Braunschweig eine Diagnosemöglichkeit, um mittels Gentests den Befall von Kartoffeln frühzeitiger festzustellen. Der Nachweis ist für die von Bakterien verursachten Kartoffelkrankheiten Schwarzbeinigkeit, Knollenaßfäule (*Erwinia carotovora*), Bakterienringfäule und Bakterien Schleimfäule möglich. Ebenfalls entwickelt wurde ein Verfahren, das die durch Pilze verursachte Kraut- und Knollenfäule diagnostizieren kann. 1998 stellt Karen Barrett vom nationalen Umweltlabor in Idaho Falls fest, daß die Erreger der Knochenaßfäule und der Kraut- und Knollenfäule extrem empfindlich auf Malzextrakte reagieren und besonders rasch abgetötet werden. Als Grundstoff für die Gärung im Brauprozess enthält Malzextrakt viele leicht lösliche Zuckerverbindungen, die für pathogene Pilze und Bakterien schädlich sind. Man muß also nicht immer die chemische Keule nehmen.