

‘Pre-breeding‘ auf *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel – Ergebnisse eines laufenden Langzeitprojekts und Aussichten für den ökologischen Anbau

ULRICH DARSOW

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), Institut für landwirtschaftliche Kulturen,
Rudolf-Schick-Platz 3b, 18190 Groß Lüsewitz; u.darsow@bafz.de

Abstract

‘Pre-breeding‘ for late blight resistance (*Phytophthora infestans*) of potato – results of a long-term project and outlook for use in ecological farming

Parental clones from BAZ pre-breeding programme on late blight resistance of foliage and tubers are expected to result in novel potato cultivars which will manage to do with fungicide efforts reduced by one third. Quantitative, durable blight resistance will, thus, contribute to environmentally acceptable and sustainable potato production. More resistant cultivars will increase the stability of ecological potato production. Pre-breeding results at BAZ demonstrate that quantitative blight resistance can be introduced from wild species and be combined with the remainder of 60-70 relevant traits of potato. Examples for this are given with regard to external tuber traits, table potato quality, suitability for processing, early maturity, starch content, and yield. To succeed in this effort, sophisticated methods for the assessment of resistance have to be applied as well as resistance and multi-trait based selection starting in early breeding steps, combined with preferential crosses of resistant x resistant offspring. During the past ten years 52 blight-resistant parental clones from the BAZ pre-breeding programme were handed over to German potato breeders, which should result in the first more resistant new cultivars in near future. Breeding research on quantitative, polygenic resistance is a long-term and scientifically demanding process which is of growing relevance for agriculture, environment, and consumers.

Keywords: potato, blight resistance, breeding, Phytophthora infestans, fungicide reduction,

Abstrakt

Die Nutzung von Resistenzvererbern aus dem ‘Pre-breeding‘ (Vorzüchtung) auf *Phytophthora*-Resistenz des ILK der BAZ wird zu neuen Kartoffelsorten führen, die einen um ein Drittel reduzierten Fungizidbedarf haben. Damit trägt die quantitative, dauerhafte Resistenz wesentlich zum Umweltschutz und zu nachhaltiger Kartoffelproduktion bei. Resistenterer Sorten verbessern die Stabilität des ökologischen Kartoffelanbaus. Ergebnisse der Vorzüchtung in der BAZ zeigen, dass quantitative *Phytophthora*-Resistenz aus Wildarten mit allen anderen 60-70 Merkmalen der Kartoffel kombiniert werden können. Beispiele werden gegeben für äußere Knollenmerkmale, für Speisequalität, für Veredlungseignung, Frühreife, Stärkegehalt und Ertrag. Dazu bedarf es ausgefeilter Methodik der Resistenzprüfungen, der Bewertung möglichst vieler Merkmale von der Wildart an, früher Selektion auf *Phytophthora*-Resistenz und Bevorzugung der Kreuzung resistent x resistent. Die in den letzten 10 Jahren erfolgte Abgabe von 52 *Phytophthora*-resistenten Kreuzungseltern an die Sortenzüchtung in Deutschland sollte in naher Zukunft zu ersten resistenteren Sorten führen. Der hohe methodische und züchterische Schwierigkeitsgrad der Nutzung polygener, dauerhafter *Phytophthora*-Resistenz bedarf verlässlicher, langfristiger Förderung.

Schlüsselwörter: Kartoffel, Krautfäuleresistenz, Braunfäuleresistenz, Züchtung, Phytophthora infestans, Fungizideinsparung,

1 Einleitung

160 Jahre Forschung zur Kraut- und Braunfäule der Kartoffel haben das Schadmaß dieser durch *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary hervorgerufenen Krankheit reduziert, aber sie ist die weltweit wichtigste Kartoffelkrankheit geblieben. Im europäischen Kartoffelanbau sind heute bis zu 19 Fungizidbehandlungen je Vegetation üblich (Schepers 2004a). Bekämpfungskosten und Schadwirkung belaufen sich für Deutschland schätzungsweise auf etwa 470,-€/ha und Jahr (Darsow 2002). Für den ökologischen Kartoffelbau bei begrenztem Einsatz von Kupfermitteln entscheidet die Beendigung der Vegetation durch Krautfäulebefall die Knollengröße, ihre Ausreife und damit Ertrag, Geschmack, Qualität und Betriebsökonomie. Sofern ganzjährige Versorgung vorgesehen ist, spielt die Beeinträchtigung der Lagerfähigkeit und des Geschmacks eine stärkere Rolle. Gute rassenunabhängige (relative) Resistenz bewirkt eine Verlängerung der Vegetation und weitgehende Ausnutzung des Ertragspotentials (Darsow 2002).

Phytophthora-Resistenz kann den Fungizideinsatz bis zu 75 % ersetzen (Kirk et al. 2001, Nielsen 2004), und zwar im konventionellen wie im ökologischen Anbau. Es wird erwartet, dass neue Sorten, die mit Hilfe von Resistenzvererbern aus der BAZ gezüchtet wurden, eine Fungizideinsparung von wenigstens 1/3 ermöglichen. Je nach Kompromissen bei anderen Merkmalen wie Knollenform und Schalenbeschaffenheit ist höheres Resistenzniveau möglich. Reduzierte Fungizidmenge je Behandlung unterstützt quantitative Resistenz meist besser als vergrößerter Behandlungsabstand (Schepers 2004b). Verbesserte Wirtsresistenz schont die Umwelt und Gesundheit und trägt zur Realisierung des „Reduktionsprogramms chemischer Pflanzenschutz“ bei.

2 Resistenztyp und Resistenzzüchtungsstrategie

Die Anfänge der *Phytophthora*-Resistenzzüchtung liegen wenigstens 130 Jahre zurück. Nach so langer Zeit muss erläutert werden, worauf sich positive Erwartungen heute noch gründen und weshalb sie nicht längst erfüllt wurden. Man unterscheidet zwei Resistenztypen gegen *Phytophthora infestans*, die Überempfindlichkeit (Hypersensibilität, rassenspezifische Resistenz) und die relative (quantitative, rassenunabhängige) Resistenz (Tabelle 1). Seit 1932 ist bekannt, dass der Erreger die Überempfindlichkeitsresistenz überwinden kann (Schick 1932). Da die Erregeranpassung schneller als die Nutzung neuer Resistenzquellen (Wildarten) erfolgt, hat man die Resistenzzüchtung auf dieser Basis vor etwa 35 Jahren aufgegeben. Chemischer Pflanzenschutz wurde das Mittel der Wahl.

Die quantitative (relative) Resistenz wurde bis heute unzureichend erforscht (Bormann et al. 2004). Sie schützt unvollständig, aber dauerhaft und stellt daher die Grundlage des Pre-breeding an der BAZ unter Nutzung von Wildarten als genetische Ressourcen dar. Aber sie gilt als besonders schwieriges Zuchtziel bei der Kartoffel wegen der polygenen Natur der Resistenz (ungünstige Vererbung), wegen der hohen Beeinflussbarkeit durch Umweltfaktoren und der züchterischen Schwierigkeit, die polygene Resistenz mit den etwa 65 weiteren Merkmalen, die z.T. ebenfalls polygen bedingt sind, in guter Ausprägung zu kombinieren. Das Merkmal erfordert mehrjährige Resistenzprüfung, die kleine Unterschiede erkennen soll, und wesentlich erhöhten Zuchtumfang. Erschwerend kommt hinzu, dass die Gene für quantitative Resistenz aus Wildarten in die Kulturkartoffel übertragen werden müssen und damit erhebliche Rückschläge bei fast allen anderen Merkmalen verbunden sind (Abb. 1, 2. Bild von links).

Tab. 1: Die beiden bekannten Resistenztypen der Kartoffel gegenüber *Phytophthora infestans*

| Merkmale | Überempfindlichkeit = R-Gen-Resistenz = vertikale Resistenz | relative Resistenz = quantitative Resistenz = horizontale Resistenz |
|---------------------|---|---|
| wirkt gegen Rassen: | bestimmte | alle |
| Dauerhaftigkeit: | ca. 5 Jahre | ca. 25 Jahre |
| Umweltabhängigkeit: | gering | hoch |
| Abwehrreaktion: | vollständig | langsamer Befall |
| Bewertung: | ja/nein | quantitativ |
| Vererbung: | einfach | quantitativ |
| Resistenzprüfung | 1-2 Methoden | Methodensystem |
| | 1 Jahr | 3-6 Jahre |
| Nutzung | 1914-1970 | 1850-1925, ab 1953 |
| Resistenzquelle | Wildarten | Wildarten |



Abb. 1: Veränderung der Knollenbildung von der resistenten Wildart (im Gewächshaus, links) über die Kreuzung Wildart x Sorte im Feld (2. Bild v. links) und die 2., 3., 4. Rückkreuzung daraus (je 2 Knollen von links nach rechts).

Bei Wildarten liegt sehr hohe *Phytophthora*-Resistenz meist verbunden mit sehr schlechter Ausprägung von Kulturmerkmalen vor. Abb. 1 zeigt stecknadelkopfgroße Knollen von *S. demissum*, die sich nur ab Ende Oktober im Gewächshaus bilden, im Feld werden keine Knollen gebildet. Jeder weitere Bildabschnitt zeigt ein typisches Beispiel eines resistenten Nachkommen aus einer erneuten Kreuzung mit einer Sorte. An der Knollenmasse, -form, Stolonenbildung und Augentiefe wird die nötige Veränderung deutlich, welche die Nutzung von Wildarten als Resistenzquelle zur Überwindung ihrer unbeabsichtigten ‘Nebenwirkungen‘ erfordert, wobei die Resistenz aber möglichst nicht verändert werden soll.

Tabelle 2 gibt Einblick in die schrittweise Veränderung der Merkmale. Speiseeignung und Reifezeit der Kreuzung Wildart x Sorte z.B. bedürfen der Verbesserung durch Züchtung um etwa 6 Noten in der 9-stufigen Skala. Durch Kreuzungen der besten Nachkommen der vorhergehenden Kreuzung mit Sorten – sogenannte Rückkreuzungen - lassen sich Wildallele verdrängen, aber gleichzeitig werden Resistenzgene verteilt bzw. gehen verloren. Nur wenn es gelingt, die unerwünschten Auswirkungen der Wildart zu überwinden und gleichzeitig genügend Resistenzgene zu behalten, hat die Resistenzzüchtung auf polygener Basis einen Sinn. Die gewünschte Kombination von Leistung, Qualität und Resistenz gelingt nur durch Einschub von Kreuzungen resistent x resistent zwischen die Rückkreuzungsschritte. Dabei werden Resistenzgene wieder zusammengeführt. In der Sortenzüchtung (letzte Zeile der Tab. 2) kann anfangs ein gutes bis mittleres Resistenzniveau erwartet werden, kombiniert mit mäßiger Speiseeignung und mittelfrüher Reife. Wenn umfangreiches Zuchtmaterial auf der Zuchtstufe BC4 aus verschiedenen Wildarten gleichzeitig vorhanden ist und mit sehr

verschiedenen Sorten gekreuzt wird, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, in Kreuzungen resistenter BC5 x resistenter BC4-5 überdurchschnittlich gute Merkmalskombinationen zu finden. Voraussetzung ist ausreichende männliche Fertilität. Die Folge von 6-7 Kreuzungsschritten nach Tab. 2 braucht wenigstens 30 Jahre, aber sie ermöglicht überhaupt erst Erfolg (Darsow 2000). Gegenwärtig erweitern sich die Kombinationsmöglichkeiten zunehmend sowohl für den Sektor Speise als auch für Veredlung und Resistenz. Jedoch bis in die neueste Literatur hinein findet man die Behauptung, dass die Kombination von quantitativer Resistenz, Frühreife und Qualität nicht möglich sei (Muskens & Allefs 2002, Allefs et al. 2005). Gegenteilige Ergebnisse an der BAZ haben der Praxis und der Wissenschaft Neues zu geben. Ein bis zwei letzte Kreuzungsschritte mit Auslese neuer Sorten erfolgen in privaten Zuchtfirmen.

Tab. 2: Zuchtweg zur Erzeugung von *Phytophthora*-resistenten Kreuzungseltern an der BAZ und Erfahrungswerte für vier Merkmale. Note 9 = bestmögliche Ausprägung (sehr gut, sehr früh reif). Letzte Zeile: Erwartungswerte für die sich anschließende Sortenzüchtung.

| Kreuzung | <i>Phytophthora</i> -Resistenz | | Reife | Speise- eignung |
|----------------------|--------------------------------|---------|---------|--------------------|
| | Kraut | Knollen | | |
| Wildart | 9 | 9 | 1 | 1 |
| Sorte | 2-3 | 3 | 6 | 8 |
| Wildart x Sorte | 9-7 | 9-7 | 1-2 | 1-2 |
| Rückkreuzung 1 (BC1) | 8-6 | 8-6 | 1,5-2,5 | 2-3 |
| Rückkreuzung 2 (BC2) | 6,5-5 | 7-5 | 2-3,2 | 2, 5-3,5 |
| BC2 xBC4 | 8-5 | 8-5 | 2,3-4 | 2-3,7 |
| Rückkreuzung 3 (BC3) | 6-4 | 6-4 | 2,5-4 | 3-4,5 |
| BC3 xBC4 | 8-5 | 8-5 | 2,6-4,5 | 2-4 |
| Rückkreuzung 4 (BC4) | 5-3 | 5,5-3 | 3-6 | 3,5-5,5 |
| BC4 x BC4 | 7,7-4 | 7,5-4 | 3-5,5 | 3,5-5,5 |
| Neue Sorte | 6,5-5 | 6,5-5 | 3,5-7 | 5-6,5 |

Krautfäule und Braunfäule sind aus züchterischer Sicht als zwei unabhängige Krankheiten zu betrachten. Resistenz gegen beide ergänzt sich wirksam.

3 Resistenzprüfungsmethoden

Im Gegensatz zu den meisten bekannten Objekten der Resistenzprüfung mit Hypersensibilität als Wirkprinzip kommt es bei polygener Resistenz auf mehrjährige Untersuchung und Einhaltung detaillierter Prüfungsvorschriften an, die nicht nur Temperatur und Luftfeuchte, sondern auch Blattalter, Lichtintensität und Tageslänge betreffen (Darsow et al. 1988).

Da im fortgeschrittenen Zuchtstadium nur ein Anteil von <20% Nachkommen mit ausreichendem Resistenzniveau erwartet wird, bedarf es der Selektion auf Kraut- und Braunfäuleresistenz möglichst vor den anderen Merkmalen. Deshalb werden im 'Pre-breeding' alle Sämlinge nach Inokulation (Besprühen mit Sporensuspension) im Jungpflanzenstadium auf Krautfäuleresistenz untersucht und vorsortiert. In den folgenden vier Jahren wird eine Blattprüfung von Pflanzen durchgeführt, die im Feld und im Winter im Gewächshaus kultiviert wurden (Abb. 3). Entscheidend für die Auswahl der Kreuzungseltern wird danach eine dreijährige Untersuchung in einer speziellen Feldprüfung mit Inokulation durch ein hoch virulentes Erregerisolat. Beregnung unterstützt den Krankheitsverlauf. In Groß Lüsewitz entwickeltes Zuchtmaterial zeigt erst in fortschreitender Abreife und bei hohem Infektionsdruck Befall (Darsow 2000).

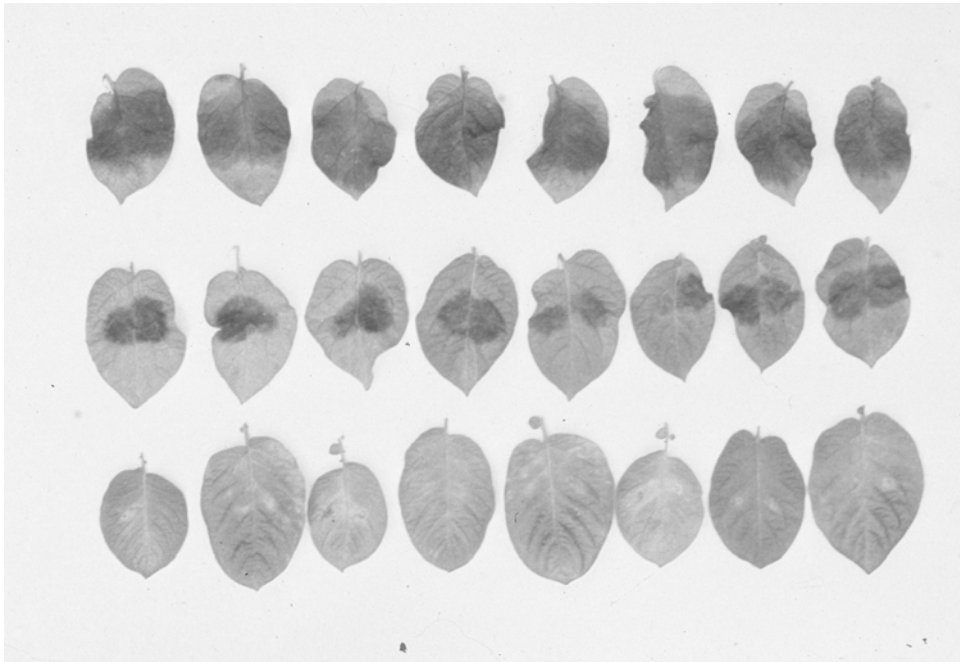


Abb. 3: Einzelblatttest auf Krautfäuleresistenz, 5 d nach Inokulation, 8 Fiedern je Klon, oben: hoch anfälliger Klon, Mitte: Klon mit Ausbreitungsresistenz, unten: hoch resistenter Klon.

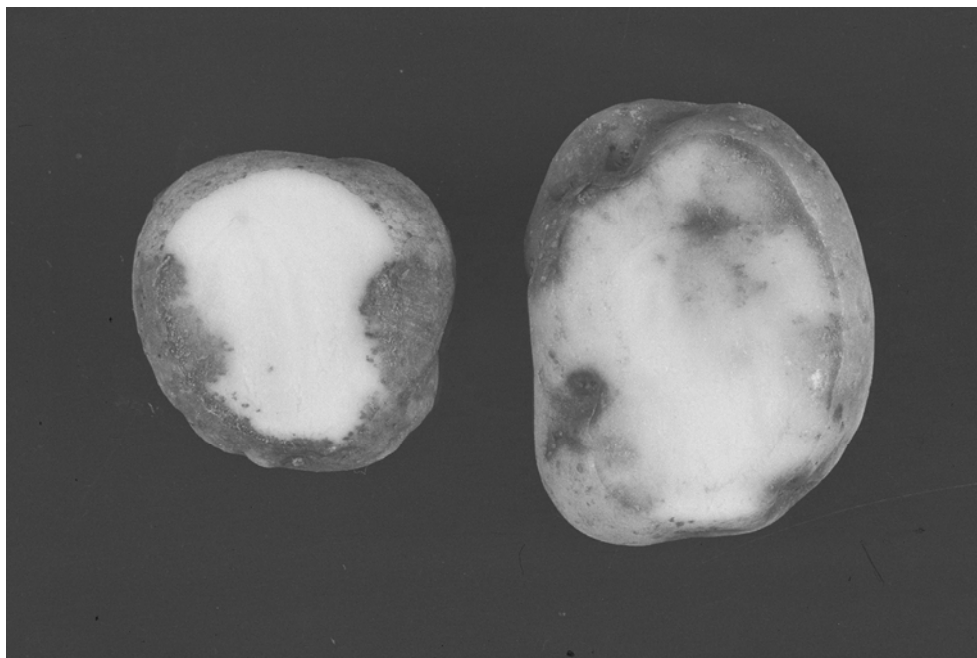


Abb. 4: Test erntefrischer, ganzer Knollen auf Braunfäuleresistenz. 19 d nach Inokulation, links begrenzte Nekrosen bei einem Klon mit mittlerer quantitativer Resistenz, rechts eine stärker anfällige Sorte.

Braunfäuleresistenz wird mit verschiedenen Methoden nacheinander untersucht. Im Jahr der Aussaat werden alle Sämlinge durch Anschneiden und Eintauchen in Sporensuspension geprüft. In den folgenden Jahren schließt sich der Scheibentest nach Tropfinokulation an, der physiologische Faktoren der Resistenz erfasst. Nach dreijährigem Test ganzer, erntefrischer Knollen mit Tauchen in Sporensuspension (Abb. 4) erfolgt die Auswahl der Kreuzungseltern unter Berücksichtigung der aktiven und passiven Abwehr durch die Schale. Umweltfaktoren und die Methode der Prüfung nehmen Einfluss auf das Ergebnis.

Hohe *Phytophthora*-Resistenz ist im Genpool der Solanaceae insbesondere in mittelamerikanischen Arten reichlich vorhanden. Bei allen Prüfungen auf *Phytophthora*-Resistenz spielt die Auswahl aggressiver und hoch virulenter Isolate eine wesentliche Rolle, um nicht hypersensible Klone für relativ resistent zu halten (Tab. 1). Dieses Problem tritt verstärkt bei Untersuchung von Wildmaterial auf. Die Beschaffung entsprechender Isolate ist nicht einfach, da sich der Rassencharakter und die unspezifische Pathogenität kurzfristig ändern können. Bisher konnten Isolate der BBA Braunschweig genutzt werden.

4 Untersuchung anderer Merkmale

Die Bewertung von etwa 50 weiteren Merkmalen wie innere und äußere Knollenmerkmale, Ertrag, Lagereignung, Qualitätsmerkmale, Inhaltsstoffe, Resistenz gegen mehr als 20 Krankheitserreger und Schädlinge erfolgt im ‚Pre-breeding‘ ähnlich der Durchführung in der Sortenzüchtung bzw. beim Bundessortenamt. Schon beim Wildartklon werden so viele Merkmale wie möglich erfasst. Das Problem bei der *Phytophthora*-Resistenzzüchtung auf der Basis quantitativer Resistenz ist nicht das Fehlen guter Resistenzquellen, sondern eine günstige Kombination der Polygene für die schwierigen Merkmale im richtigen Züchtungsstadium zustande zu bringen. Deshalb dürfen die Vererber für quantitative Resistenz des Pre-breeding, die an die Sortenzüchtung abgegeben werden, keinen großen Unterschied zum Sortenniveau in den meisten Merkmalen aufweisen. Daraus ergibt sich eine der Sortenzüchtung nahe Arbeitsweise mit hohem personellen und maschinellen Aufwand.

5 Ergebnisse in der Kombination quantitativer *Phytophthora*-Resistenz mit wertgebenden Merkmalen durch Pre-breeding

Im Zuchtstadium der vierten Rückkreuzung konnten wir zunehmend Zuchtstämme aus Kreuzungen resistent x resistent (Tab. 2, vorletzte Zeile) auslesen, die unter hohem Infektionsdruck bei gleicher Reife viel später befallen werden als vergleichbare Sorten. Abbildung 5 zeigt Befallsverlaufskurven solcher Klone auf dem speziellen Prüfungsfeld in Groß Lüsewitz im August. Beste mittelfrühe bis frühe Zuchtklone wurden etwa 2 1/2 Wochen später befallen als die vergleichbaren Sorten Ute und Agria. Solche Klone sollten im praktischen Anbau ohne Fungizid auskommen. Genau das sucht der Ökolandbau. Aber dies sind keine Sorten, sondern potentielle Eltern neuer, resistenterer Sorten, die ein Resistenzverhalten wie Klon 11 in Abbildung 5 aufweisen könnten und damit etwa 25-30 % höheren Ertrag im ökologischen Anbau bringen würden. Kompromisse in der Schalenbeschaffenheit oder Knollenform würden die Spielräume der Züchtung hinsichtlich der Resistenz erweitern.

Knollenform und Schalenbeschaffenheit wurden als Beispiel für die Variation von äußeren Knollenmerkmalen gewählt, in denen der nachhaltig negative Einfluss der Wildart erkennbar ist (Abb. 6). Der linke Klon zeigt birnenförmige Knollen. Diese Form wird nur bei noch ziemlich wildem Material toleriert. Man erkennt eine ausgesprochen raue Schale, die es in den folgenden Kreuzungen durch Wahl eines glattschaligen Partners zu überwinden gilt.

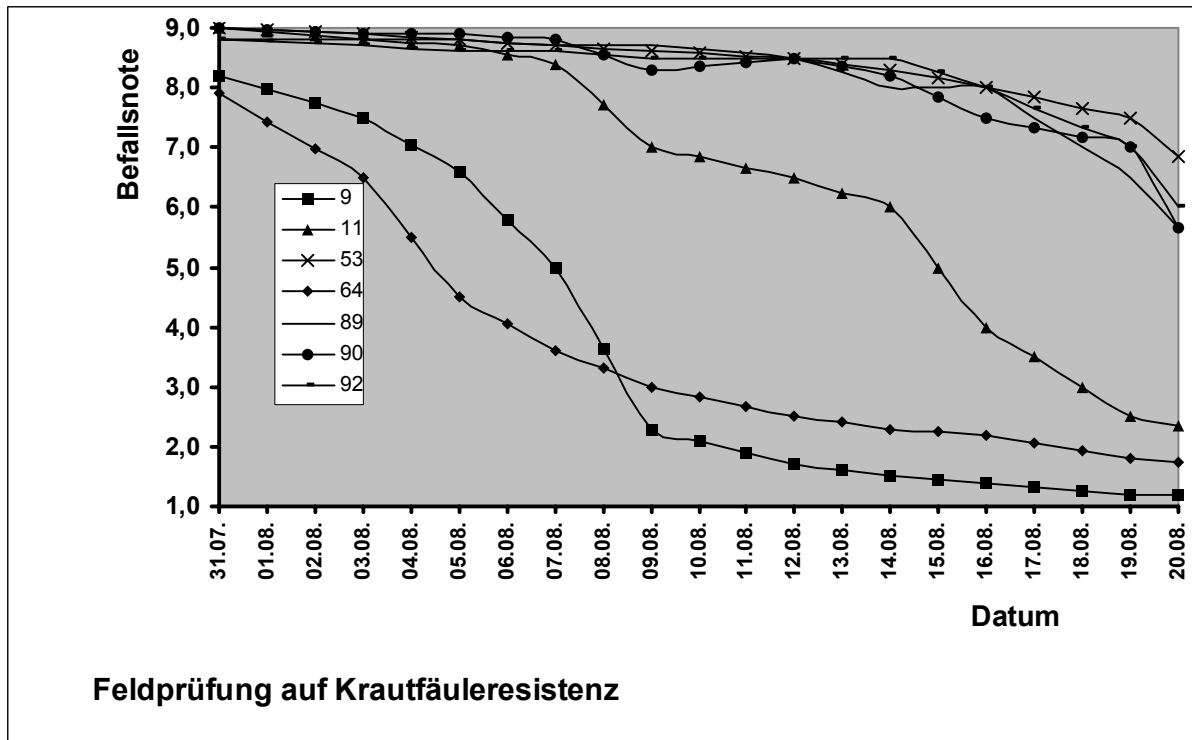


Abb. 5: Krautfäuleverlaufskurven der Feldprüfung von BAZ-Klonen. 9 = Ute, 64 = Agria



Abb. 6: Knollenform und Schalenbeschaffenheit zweier *Phytophthora*-resistenter mittelfrüher BAZ-Klone. Links: birnenförmig, sehr rauschalig, unerwünscht. Rechts: oval, glatt, erwünscht.

Für die Speiseeignung werden Aussehen, Konsistenz, Zerkochen, Mehligkeit, Feuchtigkeit, Verfärbung nach dem Kochen und der Geschmack herangezogen. Abb. 7 zeigt ein Beispiel für gelungene Kombination von Speisewert und *Phytophthora*-Resistenz. Erst wenn männlich fertile Klone dieser Qualität vorhanden sind, kann auch bei Kreuzungen resistent x resistent guter Zuchtfortschritt erwartet werden (Darsow 2005).



Abb. 7: *Phytophthora*-resistenter BAZ-Zuchtklon mit guter Speiseeignung, gekocht und gepellt

Einige weitere der besten Vererber für Kraut- und Braunfäuleresistenz in Richtung Speisekartoffeln werden in Tabelle 3 charakterisiert. Der Vergleich mit Leyla als guter Speisekartoffelsorte stellt eine hohe Messlatte dar. Große Unterschiede zur Sorte bestehen wie erwartet in der Resistenz. Ähnlichkeit wurde im Geschmack, der Kochverfärbung und z.T. im Zerkochen und der Mehligkeit erreicht. Dass auch frühe Zuchtstufen (BC1 bzw. BC2, Klon-Nr. 12-13) mit bereits akzeptablem Speisewert bzw. auch Kochtyp A gefunden wurden, zeigt weitere Reserven im Zuchtsystem. Die Beispiele lassen die Kompliziertheit der Auswahl von passenden Kreuzungseltern ahnen, wobei mehr als 30 weitere Merkmale zu bedenken sind (Darsow 2005).

Schwarzfleckigkeit gilt als ein Qualitätsparameter für Speise- und Veredlungskartoffeln. Abb. 8 zeigt einen Ausschnitt aus der Prüfung der *Phytophthora*-resistenten Zuchtstämme der BAZ. Es sind Klone dabei, die stark zu Schwarzfleckigkeit neigen und andere, die dem Zuchtziel entsprechen. In Kreuzungen von resistenten Klonen untereinander gibt es durchaus die Möglichkeit der Verbesserung auch bei diesem Merkmal.

In der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und Veredlungseignung (Erzeugung von Chips oder Pommes frites) besteht das Zuchtziel in der gleichzeitigen Eignung zur Kaltlagerung, d.h. zur sehr geringen Bildung reduzierender Zucker bei Lagerung bei 4 °C. Hier nimmt die Züchtung das Ziel geringer Acrylamidbildung auf und vorausschauend die Möglichkeit, zukünftig bei der Lagerung der Kartoffeln bis Juli auch ohne Keimhemmungsmittel auszukommen. Zwei tetraploide und ein dihaploider BAZ-Klon mit *Phytophthora*-Resistenz und Chipseignung wurden bisher der Sortenzüchtung abgegeben. Günstiger ist bisher der Zuchtfortschritt in der Kombination von geringer Braunfärbung bei Pommes frites mit Resistenz. Jedoch werden für diese Veredlungsform große, lange Knollen ohne innere Mängel

erwartet. Diese Zielstellung ist im Komplex bisher selten erreicht. Weitere Verbesserung ist möglich, wodurch die Chancen erfolgreicher Nutzung der Resistenzvererber in der Sortenzüchtung steigen. Bisher konnten sieben tetraploide und vier dihaploide resistente Klone mit Pommes-Eignung nach Lagerung bei 4 °C an die Sortenzüchtung abgegeben werden.

Tab. 3: Gegenwärtige Kreuzungspartner für *Phytophthora*-Resistenz und Speisequalität

| Klon-Nr | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Leyla |
|------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-------|
| Rückkreuzungsstadium | BC1 | BC1 | BC2 | BC4 | BC4 | |
| Resistenzquelle (Wildart) | crc | sto | sto | dms | dms | |
| Krautfäuleresistenz (1-9) | 8,8 | 8,8 | 7,8 | 6,9 | 8,4 | 2,8 |
| Braunfäuleresistenz (1-9) | 7,9 | 7,6 | 9,0 | 7,0 | 7,1 | 4,7 |
| Speisewert (265-1485) | 687 | 1075 | 871 | 934 | 992 | 1032 |
| Kochtyp (D-A) | A | C | C | BC | BC | AB |
| Kochverfärbung (1-9) | 4,0 | 7,0 | 4,9 | 3,3 | 7,0 | 5,3 |
| Aussehen nach Kochen (1-5) | 3,7 | 3,4 | 3,0 | 3,7 | 3,5 | 4,1 |
| Zerkochen (1-5) | 4,2 | 3,6 | 3,0 | 4,0 | 4,3 | 4,5 |
| Konsistenz (1-5) | 4,3 | 3,5 | 3,0 | 3,9 | 3,8 | 4,0 |
| Mehligkeit (1-5) | 4,0 | 2,9 | 4,0 | 3,1 | 3,0 | 3,8 |
| Geschmack (1-5) | 2,8 | 3,6 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 3,4 |
| Blaufleckigkeit (1-9) | 5,3 | 4,0 | - | 5,3 | 6,0 | 6,3 |
| Fleischfarbe (1-9) | 4,2 | 4,8 | 5,7 | 4,0 | 2,0 | 6,7 |
| Anteil rissiger Knollen (%) | 0 | 2 | 5 | 3 | 5 | 0 |
| Knollen mit Eisenflecken (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 |
| Hohlherzige Knollen (%) | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 | 1 |
| Reifezeit (1-9) | 4,5 | 3,7 | 3,7 | 3,3 | 5,0 | 6,8 |

Erklärung: Note 9 bzw. 5 = beste Ausprägung, crc = *S. circaeifolium*, sto = *S. stoloniferum*, dms = *S. demissum*

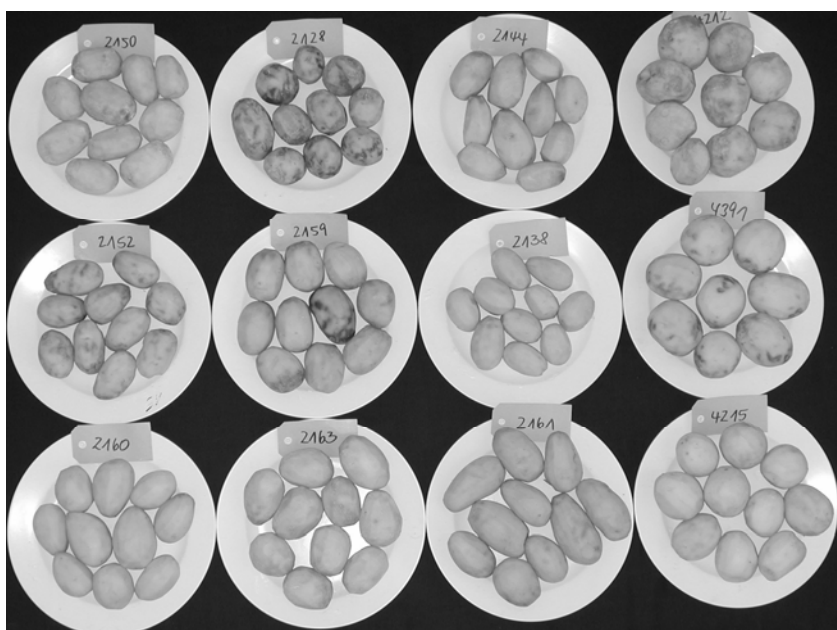


Abb. 8: *Phytophthora*-resistente BAZ-Zuchtklone in der Prüfung auf Schwarzfleckigkeit

Ein zentrales Argument gegen die Nutzung polygener *Phytophthora*-Resistenz ist die Korrelation der Krautfäuleresistenz zur Spätreife (Visker et al. 2004, Allefs et al. 2005). Dabei handelt es sich in erster Linie um ein methodisches Problem. Üblicherweise wird nur ein Mischmerkmal erfasst, nämlich Resistenz/Reifezeit. Durch Abtrennung des Reifeeffekts gelang in der BAZ die Kombination mit mittelfrüher bis früher Reifezeit (Darsow 1999, Darsow & Hansen 2004). Die abgegebenen Kreuzungseltern in Tabelle 4 zeigen eine Entwicklung von mittelspäter zu durchschnittlich mittelfrüher Reifezeit, die von den Sortenzüchtern bestätigt wurde.

6 Abgabe von Vererbern für relative *Phytophthora*-Resistenz an die Sortenzüchtung

In Deutschland wird die Sortenzüchtung durch private Unternehmen wahrgenommen. Eigenständige ökologische Kartoffelzüchtung ist bisher nicht bekannt, weil mindestens 20-jährige Vorfinanzierung bei erheblichem Investitionsbedarf, hohem Lohnkostenanteil und sehr kleinem Marktanteil dazu nicht ermutigen. Praxiswirksamkeit im ökologischen oder konventionellen Anbau kann für das vorgestellte Zuchtmaterial aus der BAZ nur über Verwendung als Kreuzungseltern in der Sortenzüchtung und Auslese neuer Sorten mit erhöhter *Phytophthora*-Resistenz erreicht werden. Allein das Herausfinden einer Sorte aus einer Kreuzung einschließlich der staatlichen Prüfung und Sortenankennung dauert bei Kartoffeln 10 Jahre.

Tab. 4: Charakterisierung von Vererbern für relative *Phytophthora*-Resistenz im Mittel des Abgabezeitraums (Bewertung in Noten 9-1. Note 9 = beste Ausprägung, sehr früh reif. Note 1 = sehr schlecht, spät, langsam, tief. Erklärung: z.B. 5,6¹/3,9 Mittelwerte für Verwertungsrichtung Speise/Stärke.

| Jahr | 86-90 | 91-95 | 96-97 | 98-0 | 02-03 | 04-05 |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------------------|-----------------------|
| Anzahl Klone | 15 | 9 | 6 | 17 | 14 | 15 |
| Krautfäuleresistenz im Feld | 6,4 | 6,6 | 7,3 | 7,4 | 7,6 | 7,4 |
| Braunfäuleresistenz ganze Knolle | 7,9 | 7,6 | 7,1 | 6,8 | 7,4 | 7,2 |
| Reifezeit | 3,3 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,6 | 4,7 |
| Ertrag | 5,4 | 6,3 | 6,4 | 6,8 | 6,9 | 6,3 |
| Jugendentwicklung | 5,1 | 5,8 | 6,0 | 6,3 | 5,8 | 5,2 |
| Schönheit der Knolle | 5,5 | 5,8 | 6,4 | 6,6 | 6,3 | 6,6 |
| Augentiefe | 4,6 | 4,8 | 6,1 | 6,2 | 5,9 | 6,5 |
| Speiseeignung | 3,6 | 4,0 | 4,6 | 4,8 | 5,6 ¹ /3,9 | 5,1 ¹ /3,1 |
| Stärkegehalt (%) | 16,1 | 16,4 | 19,9 | 18,4 | 16 ¹ /20,3 | 16 ¹ /21,9 |
| Anteil mit Veredlungseignung (%) | 0 | 0 | 0 | 12 | 43 | 26 |

An den Gruppen von insgesamt 76 an die Sortenzüchtung abgegebenen Vererbern für relative *Phytophthora*-Resistenz wird die Verbesserung wertgebender Merkmale deutlich. In allen Merkmalen außer der Braunfäuleresistenz wurde die Qualität der abgegebenen Resistenzvererber verbessert. Damit sollte sich die Wahrscheinlichkeit des Ausleseerfolges neuer, resistenter Sorten ständig erhöht haben. Eine Fortführung der vorgestellten Züchtungsarbeiten an der BAZ dient der weiteren Merkmalsverbesserung bei fortgeschrittenen Zuchtklonen und der Erschließung neuer Resistenzquellen für den Nachschub. Dabei erfordert die polygen bedingte Resistenz größeren Materialumfang, breite genetische Diversität und eine über Generationen geplante Kreuzungsfolge bei bevorzugter Kreuzung resistent x resistent. Genetische Diversität in der Zeit ist ein Prinzip der Züchtung gegen die Anpassungsfähigkeit des Erregers auch bei

dieser Resistenzform. Nur eine langfristig gültige Entscheidung für die Nutzung der Resistenz sichert die Möglichkeit dauerhaften Erfolges.

7 Aussichten hinsichtlich neuer Sorten mit verbesserter *Phytophthora*-Resistenz

Wenn nur ein Teil der Kreuzungseltern aus der BAZ, die in den letzten Jahren abgegeben wurden, intensiv genutzt wurden, sollten in den nächsten Jahren einzelne Sortenkandidaten mit deutlich besserer *Phytophthora*-Resistenz zur Zulassung angemeldet werden. Die diesbezüglichen Zukunftsaussichten hängen von der Nutzungsintensität der BAZ-Klone in der Sortenzüchtung ab, von der Zielsetzung in der Sortenzüchtung und der Kompromissbereitschaft der Konsumenten. Solange äußeres Aussehen der Knollen unverhältnismäßig wichtig erachtet wird und sehr hoher chemischer Pflanzenschutzmitteleinsatz von Konsumenten nicht wahrgenommen oder bewusst akzeptiert wird, ist die Zielstellung schwerer zu erreichen. Bereitschaft zu Kompromissen bei nebensächlichen Merkmalen kann am ehesten im ökologischen Anbau erwartet werden. Unser konventioneller Züchtungsansatz trifft auf keinen Vorbehalt aus ökologischer Sicht. Die in der BAZ erzeugten Resistenzvererber sind sowohl für die Bekämpfung im ökologischen wie integrierten Anbausystem wichtig.

Die *Phytophthora*-Resistenzzüchtung wird zu einer wesentlichen Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzes nur beitragen können, wenn in der Forschung international mehr getan wird als bisher, sowohl zur Aufklärung der Wirkmechanismen und der beteiligten Gene als auch im Pre-breeding und der Sortenzüchtung. Die Erprobung molekularer Marker zur Vorselektion auf *Phytophthora*-Resistenz sei als eine Aufgabe genannt. Seit langem ist auch methodisch qualifiziertere *Phytophthora*-Resistenzprüfung in der Sortenankennung nötig (Darsow 2003, www.eucablight.org).

8 Literatur

- Allefs, J.J.H.M.; M.M.W.M. Muskens & E.A.G. van der Vossen: Breeding for foliage blight resistance in the genomics era. In Haverkort, A.J. & P.C. Struik: Potato in progress. Science meets practice. Wageningen Academic Publishers 2005, 255-267.
- Bormann, C.A.; A.M. Rickert; R.A.C Ruiz; J. Paal, J. Lübeck, J. Strahwald, K. Buhr & C. Gebhardt: Tagging quantitative trait loci for maturity-corrected late blight resistance in tetraploid potato with PCR-based candidate gene markers. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **17**, 2004, 10, 1126-1138.
- Darsow, U.; Junges, W; Oertel, H.: Die Bedeutung der Prädisposition für die Laborprüfung von Kartoffelblättern auf relative Resistenz gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Archiv Phytopathologie und Pflanzenschutz* **24**, 1988, 109-119.
- Darsow, U.: Late blight resistance in second early potatoes combined with good expression of other traits. Abstracts 14th Triennial Conference of the EAPR, Sorrento 1999, 162-163.
- Darsow, U.: 50 Jahre Züchtungsforschung zu *Phytophthora infestans* bei Kartoffeln in Groß Lüsewitz - Geschichte einer Resistenzzüchtung mit Wechsel von der vertikalen zur horizontalen Resistenz. *Beiträge zur Züchtungsforschung* **6**, 1, 2000, 1-49.
- Darsow, U.: *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel - Das Wunschmerkmal für den ökologischen Kartoffelanbau. *ForschungsReport* 1/2002, 16-19.
- Darsow, U.: Bewertung der Kraut- und Braunfäuleresistenz bei Kartoffeln und Vorschläge für methodische Veränderungen in der Wertprüfung von Sorten. Workshop Sortenwertprüfungen für den ökologischen Landbau, 14.-15.05.2003, Bundessortenamt, 2003, 55-63.
- Darsow, U. & J.G. Hansen: Estimation of relative foliage blight resistance of potato with different parameters and its relation to maturity. *Plant Breeding and Seed Science* **50**, 2004, 81-93.

- Darsow, U.: Progress in combining of quantitative late blight resistance of potato with table potato quality. Abstracts & posters of 16th Triennial Conference of the EAPR Bilbao, 2005, 318-323.
- Kirk W.W., Felcher K.J., Douches D.S., Coombs J.: Effect of host plant resistance and reduced rates and frequencies of fungicide application to control late blight. *Plant Disease* **85**, 2001, 1113-1118.
- Muskens, M.M.W.M. & J.J.H.M. Allefs: Breeding for late blight resistance; views from practice. *Vorträge für Pflanzenzüchtung, Supplement 1*, 2002, 85.
- Nielsen, B.J.: Use of fungicides and resistant varieties in integrated control strategies against potato late blight (*Phytophthora infestans*). Workshop, January 14-18, 2004, Falenty, IHAR, Mlochow Research Center, 2004, Abstracts p.5.
- Schepers, H.T.A.M.: The development and control of *Phytophthora infestans* in Europe in 2003. Proceedings of the eighth workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Applied Plant Research Wageningen, PPO-Special Report no. 10, 2004a, 9-18.
- Schepers, H.T.A.M.: Decision support systems for integrated control of late blight. *Plant Breeding and Seed Science* **50**, 2004b, 57-61.
- Schick, R.: Über das Verhalten von *Solanum demissum*, *Solanum tuberosum* und ihren Bastarden gegenüber verschiedenen Herkünften von *Phytophthora infestans*. *Züchter* **4**, 1932, 233-237.
- Visker, M.H.P.W.; H.M.G. van Raaij; L.C.P. Keizer, P.C. Struik & L.T. Colon: Correlation between late blight resistance und foliage maturity type in potato. *Euphytica* **137**, 2004, 311-323.