



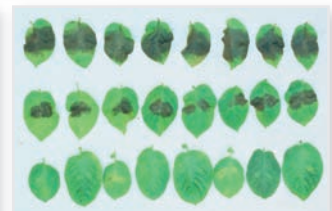
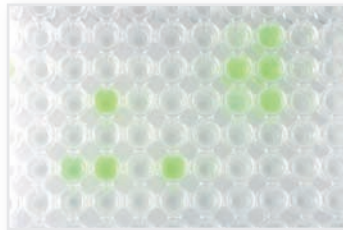
U. Darsow

Vorlaufzüchtung der Kartoffel auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz im ILK Groß Lüsewitz in der Ressortforschung des BMELV

- Stand der Forschung und Züchtung -

Pre-breeding for quantitative resistance of potato to late blight at the Institute of Agricultural Crops Groß Lüsewitz in the departmental research of BMELV

- state of research and breeding -



415  
2008

### **Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)**

Das Julius Kühn-Institut ist eine Bundesoberbehörde und ein Bundesforschungsinstitut. Es umfasst 15 Institute zuzüglich gemeinschaftlicher Einrichtungen an zukünftig sechs Standorten (Quedlinburg, Braunschweig, Kleinmachnow, Dossenheim, Siebeldingen, Dresden-Pillnitz) und eine Versuchsstation zur Kartoffelforschung in Groß Lüsewitz. Quedlinburg ist der Hauptsitz des Bundesforschungsinstituts.

Hauptaufgabe des JKI ist die Beratung der Bundesregierung bzw. des BMELV in allen Fragen mit Bezug zur Kulturpflanze. Die vielfältigen Aufgaben sind in wichtigen rechtlichen Regelwerken, wie dem Pflanzenschutzgesetz, dem Gentechnikgesetz, dem Chemikaliengesetz und hierzu erlassenen Rechtsverordnungen, niedergelegt und leiten sich im Übrigen aus dem Forschungsplan des BMELV ab. Die Zuständigkeit umfasst behördliche Aufgaben und die Forschung in den Bereichen Pflanzengenetik, Pflanzenbau, Pflanzenernährung und Bodenkunde sowie Pflanzenschutz und Pflanzengesundheit. Damit vernetzt das JKI alle wichtigen Ressortthemen um die Kulturpflanze – ob auf dem Feld, im Gewächshaus oder im urbanen Bereich – und entwickelt ganzheitliche Konzepte für den gesamten Pflanzenbau, für die Pflanzenproduktion bis hin zur Pflanzenpflege und -verwendung. Forschung und hoheitliche Aufgaben sind dabei eng miteinander verbunden. Weiterführende Informationen über uns finden Sie auf der Homepage des Julius Kühn-Instituts unter <http://www.jki.bund.de>. Spezielle Anfragen wird Ihnen unsere Pressestelle ([pressestelle@jki.bund.de](mailto:pressestelle@jki.bund.de)) gern beantworten.

### **Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for cultivated plants (JKI)**

The Julius Kühn-Institute is both a research institution and a higher federal authority. It is structured into 15 institutes and several research service units on the sites of Quedlinburg, Braunschweig, Kleinmachnow, Siebeldingen, Dossenheim und Dresden-Pillnitz, complemented by an experimental station for potato research at Groß Lüsewitz. The head quarters are located in Quedlinburg.

The Institute's core activity is to advise the federal government and the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection in particular on all issues relating to cultivated plants. Its diverse tasks in this field are stipulated in important legal acts such as the Plant Protection Act, the Genetic Engineering Act and the Chemicals Act and in corresponding legal regulations, furthermore they arise from the new BMELV research plan.

The Institute's competence comprises both the functions of a federal authority and the research in the fields of plant genetics, agronomy, plant nutrition and soil science as well as plant protection and plant health. On this basis, the JKI networks all important departmental tasks relating to cultivated plants – whether grown in fields and forests, in the glasshouse or in an urban environment – and develops integrated concepts for plant cultivation as a whole, ranging from plant production to plant care and plant usage. Research and sovereign functions are closely intertwined.

More information is available on the website of the Julius Kühn-Institut under <http://www.jki.bund.de>. For more specific enquiries, please contact our public relations office ([pressestelle@jki.bund.de](mailto:pressestelle@jki.bund.de)).

Finanziert mit freundlicher Unterstützung der  
**Gemeinschaft der Förderer und Freunde  
des Julius Kühn-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen e.V. (GFF)**

Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg,  
Tel.: 03946 47-200, E-Mail: [GFF@jki.bund.de](mailto:GFF@jki.bund.de)  
Internet: <http://www.jki.bund.de/> Bereich "Über uns"



**JKI**



**Mitteilungen**

U. Darsow

Vorlaufzüchtung der Kartoffel auf quantitative  
*Phytophthora*-Resistenz im ILK Groß Lüsewitz in der  
Ressortforschung des BMELV

- Stand der Forschung und Züchtung -

Pre-breeding for quantitative resistance of potato to late blight at  
the Institute of Agricultural Crops Groß Lüsewitz in the  
departmental research of BMELV

- state of research and breeding -

415  
2008

Dr. U. Darsow  
Alte Gärtnerei 6  
18190 Groß Lüsewitz

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme  
Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme  
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei  
Der Deutschen Bibliothek erhältlich

ISSN: 1867-1268  
ISBN-10: 3-930037-39-4  
ISBN-13: 978-3-930037-39-1

© Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg, 2008.  
Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben bei auch nur auszugsweiser Verwertung vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin.

**Inhalt**

1	Kraut- und Braunfäule der Kartoffel	5
1.1.	Die Krankheit und ihr Erreger	5
1.2.	Wirtschaftliche Bedeutung und Maßnahmen der Bekämpfung	7
2.	<i>Phytophthora</i> -Resistenzzüchtung	8
2.1.	Sortenzüchtung und Vorlaufzüchtung bei Kartoffeln	8
2.2.	Resistenztyp und Resistenzquellen	9
2.3.	Heterozygotie, Ploidie, 70 Merkmale, Genverlust und Übertragung von Polygenen für Resistenz aus Wildarten ins Kulturkartoffelgenom durch konventionelle Züchtung	10
2.4.	Stand der Nutzung quantitativer <i>Phytophthora</i> -Resistenz in der Züchtung	12
2.5.	Stand der Züchtungsforschung zur <i>Phytophthora</i> -Resistenz aus züchterischer Sicht	13
2.6.	Stand der Forschung zur Braunfäuleresistenz und deren Nutzung	16
3.	Methoden und ihre Anwendung im ILK Groß Lüsewitz	18
3.1.	Krautfäuleresistenzprüfungen	18
3.1.1.	Sämlingsselektion auf Krautfäuleresistenz	19
3.1.2.	Einzelblatttest auf Krautfäuleresistenz	20
3.1.3.	Feldprüfung auf relative Krautfäuleresistenz	21
3.1.4.	Relative Krautfäuleresistenz und Reifezeit	22
3.2.	Braunfäuleresistenzprüfungen	24
3.2.1.	Test von Topfknollen auf Braunfäuleresistenz	24
3.2.2.	Scheibentest auf Braunfäuleresistenz	25
3.2.3.	Test erntefrischer, unverletzter Knollen auf relative Braunfäuleresistenz	25
3.3.	Methoden der Qualitätsprüfung	27
3.3.1.	Neigung zur Schwarzfleckigkeit	27
3.3.2.	Eignung zur Chipsherstellung	27
3.3.3.	Eignung zur Erzeugung von Pommes frites	27
3.3.4.	Speiseeignung	28
3.4.	Weitere Resistenzprüfungen	29
3.4.1.	Virusresistenz	29
3.4.2.	Nematodenresistenz	29
3.5.	Weitere Merkmale, die während der Vegetation auf dem Feld bewertet wurden	29
3.6.	Weitere Merkmalsbewertungen an den Knollen	30
4.	Resistenzquellen und deren Nutzung in der Vorlaufzüchtung	32
4.1.	Untersuchung des Groß Lüsewitzer Kartoffelsortiments GLKS auf Kraut- und Braunfäuleresistenz im ILK	32
4.2.	Auswahl von <i>Phytophthora</i> -Resistenzquellen im ILK	34
4.3.	Nutzung von Wildarten in der Vorlaufzüchtung bei Kartoffeln auf <i>Phytophthora</i> -Resistenz im ILK Groß Lüsewitz:	35
4.4.	Untersuchung und Nutzung von Fusionaten aus der Zusammenarbeit mit der Universität Tübingen	39
4.4.1.	Zielstellung, Zeitrahmen, Aufgabenverteilung, Material und Methode	39
4.4.2.	Ergebnisse der Untersuchung von Fusionaten und deren Nachkommen	40
4.4.3.	Nutzung der Fusionate und deren Kreuzungsnachkommen für die Vorlauf- und Sortenzüchtung	45
4.4.4.	Eignung von Merkmalsbewertungen im Gewächshaus für die Selektion	46
5.	Zuchtweg, Selektionsschema und Problemlösungen in der Vorlaufzüchtung auf quantitative <i>Phytophthora</i> -Resistenz	47
5.1.	Der Zuchtweg in der Vorlaufzüchtung	47
5.2.	Das Selektionsschema in der Vorlaufzüchtung auf quantitative <i>Phytophthora</i> -Resistenz	49
5.3.	Anbau und Selektion in der Vorlaufzüchtung des ILK bei Kartoffeln 2006	52
5.4.	Züchterische Hauptprobleme und deren Lösungen	53
5.5.	Priorität der <i>Phytophthora</i> -Resistenz vor anderen Merkmalen	54
5.6.	Kombination von Kraut- und Braunfäuleresistenz	55
5.7.	Kombination von <i>Phytophthora</i> -Resistenz und <i>Globodera pallida</i> -Nematodenresistenz mit hohem Stärkegehalt	55

6.	Ergebnisse systematischer Kombinationszüchtung in verwertungsorientierten Zuchtprogrammen der Vorlaufzüchtung auf <i>Phytophthora</i> -Resistenz	56
6.1.	Ergebnisse der Ausprägung von 21 Merkmalen am Kraut in der Vorlaufzüchtung auf <i>Phytophthora</i> -Resistenz im Jahre 2006	56
6.2.	Weitere Merkmale des Krautes während der Vegetation	57
6.3.	Ergebnisse der Ausprägung von 17 Merkmalen an den Knollen in der Vorlaufzüchtung auf <i>Phytophthora</i> -Resistenz im Jahre 2006	60
6.4.	Ergebnisse der Kombination von <i>Phytophthora</i> -Resistenz und Veredlungseignung	63
6.5.	Ergebnisse der Kombination von <i>Phytophthora</i> -Resistenz, Stärkegehalt und Resistenz gegen <i>Globodera pallida</i>	66
6.6.	Ergebnisse der Kombination von <i>Phytophthora</i> -Resistenz und Speiseeignung	68
6.7.	Ergebnisse der Kombination von <i>Phytophthora</i> -Resistenz und Krebsresistenz	72
6.8.	Ergebnisse der Kombination von <i>Phytophthora</i> -Resistenz und Nematodenresistenz	73
6.9.	Abgabe von Zuchtmaterial an die Sortenzüchtung in Deutschland und ins Ausland	75
7.	Nutzung von Zuchtklonen aus dem ILK in der Forschung	78
8.	Teilnahme der BAZ an internationalen Initiativen zu <i>Phytophthora</i> -Resistenz bei Kartoffeln	80
9.	Nutzung von Material der Vorlaufzüchtung zu Demonstrationszwecken und Praxiserprobung	82
10.	Abschließende Diskussion und Schlussfolgerungen	83
11.	Zusammenfassung	84
12.	Summary	86
13.	Literatur	87
14.	Danksagung	96
15.	Farbtafeln – Vorlaufzüchtung der Kartoffel	97

# 1 Kraut- und Braunfäule der Kartoffel

## 1.1. Die Krankheit und ihr Erreger

Krautfäule wird an dunkelbraunen Flecken erkannt, die an Blättern, Stängeln, Stielen, Blüten oder/und Beeren entstehen, die nach feuchter Nacht (Tau, Regen) im Übergangsbereich zum gesunden Gewebe und an der Blattunterseite häufig von einem weißlichen Flaum umrandet erscheinen, in dem unter dem Stereomikroskop leicht die Sporangienträger mit Sporangien von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary identifiziert werden können (Abbildung 1). Braunfäule bezeichnet den durch den gleichen Erreger verursachten Befall der Stolonen und Knollen in Form bleigrauer bis bräunlicher Flecken, die im Anschnitt braun verfärbte, nekrotisierte Gewebeteile zeigen, die meist nicht scharf vom gesunden Gewebe abgegrenzt sind, sondern fließenden Übergang zeigen (Abbildung 2). Die wissenschaftliche Bezeichnung des Erregers leitet sich ab aus dem Griechischen von *phyton*, Pflanze, und *phthora*, verderben. Aus phytopathologischer Sicht gelten Kraut- und Braunfäule als zwei Teile einer Krankheit, während sie aus der Sicht der Resistenzzüchtung als zwei selbständige Krankheiten zu sehen sind.

Historisch betrachtet gehört die Kraut- und Braunfäule der Kartoffel zu den wichtigsten Pflanzenkrankheiten mit gravierenden wirtschaftlichen, sozialen und gesundheitlichen Auswirkungen (Klinkowski 1970). Wesentliche Schritte in der Entwicklung der Phytopathologie vollzogen sich in Zusammenhang mit der Suche nach der Ursache der Krankheit, der Verbindung von Kraut- und Braunfäule und ihrer Bekämpfung (Speerschneider 1857, de Bary 1861, 1876). Die Gattung *Phytophthora* gehört mit etwa 60 Arten zur Familie der Pythiaceae in der Ordnung Pythiales der Klasse der Oomyceta, die seit kurzem nicht den Pilzen, sondern den Algenartigen der Abteilung *Heterokonta* zugeordnet wird (Kumar & Rzhetsky 1996). Unterschiede zu Pilzen bestehen im Zellwandaufbau, fehlender Fähigkeit zur Sterolbildung, im Feinbau der Geißeln der Zoosporen und im Transkriptionssystem (Barr 1983, Hendrix 1970, Bartnicky-Garcia & Wang 1983, Erwin & Ribeiro 1996). *Phytophthora infestans* ist gekennzeichnet durch ein vielkerniges, unseptiertes Myzel, dessen Wände nicht Chitin, sondern Glukane und Zellulose enthalten. Der Erreger steht im Übergang vom Leben im Wasser zum Leben auf dem Lande als fakultativ bis obligat biotropher Organismus mit hoher Wirtsspezifität bei *Solanaceae* (Rivera-Pena & Molina-Galan 1989, Erwin & Ribeiro 1996). Jedoch kann die Vitalität nach Erhaltung auf Knollen oder *in vitro* durch Passage auf Kartoffelblättern oder auch auf jungen Buchenkeimlingen verbessert werden. Es gibt umfangreiche Literatur zu ernährungsphysiologischen Aspekten unter Verwendung künstlicher Nährmedien (u. a. Henniger 1959, 1963).

Im Wirtsgewebe wächst das Myzel interzellulär und dringt in die Zellen mittels Haustorien ein. Als asexuelle Sporenformen sind Sporangien und darin gebildete Zoosporen bekannt. Endständige, zitronenförmige Sporangien werden auf sympodial verzweigten Sporangienträgern gebildet. Die Sporangien können bei ungünstigen Bedingungen mit einem Keimschlauch auskeimen oder entlassen bei guten Infektionsbedingungen 2-25 Zoosporen (Schöber-Butin 2001). Mehr als 25 asexuelle Generationen können am Kartoffelkraut während einer Vegetation gebildet werden, wobei sich 100 000 Sporangien auf einem Blattfleck entwickeln können.

Sexuelle Vermehrung als Ursache genetischer Vielfalt, auch pathogener Neubildung, ist seit 1984 bei *Phytophthora infestans* in Europa nachgewiesen (Hohl & Iselen 1984). Sie führt zur Bildung von Oosporen, wobei das Oogonium durch das Antheridium hindurchwächst, die als weibliches bzw. männliches Organ je einem der beiden Paarungstypen A1 und A2 zugehören. In beiden läuft die Meiose ab, vom Antheridium her dringt ein Befruchtungsschlauch in das Oogonium ein (Schöber-Butin 2001). Die dickwandigen Oosporen bleiben mehrere Jahre keimfähig und keimen mit einem Sporangium aus. Während Fry et al. (1993) eine Verschleppung von A2 aus Mexiko durch Kartoffelhandel für das Auftreten von Oosporen in Nordamerika und Europa verantwortlich machten, wird inzwischen davon ausgegangen, dass geschlechtliche Vermehrung schon lange in vielen Teilen der Welt möglich war (Literaturübersicht bei Schöber-Butin 2001). *P. infestans* ist heterothallisch, aber es wird das Auftreten selbstfertiger A1 und A2 durch Umwelteinflüsse und Fungizide gefördert mit dem Ergebnis sehr variabler Häufigkeit und variabler Pathogenität.

In europäischen Populationen von *P. infestans* werden diploide, triploide, tetraploide und polypleide Organismen gefunden (Tooley & Therrien 1987). Höhere Ploidiestufe wird aus asexueller Vermehrung erklärt, während gehäuft diploide Isolate in Mexiko als Ergebnis sexueller Vermehrung angesehen





Tochterknollen durch Sporen, die vom Kraut durch Tau oder Regen abgewaschen wurden und durch Wunden, Augen, Lentizellen und/oder den Nabel in Knollen eindringen können. Knollenbefall im Feld wird wesentlich durch die Dauer der Sporulation am Kraut einer Sorte, die Niederschlagsverteilung während der Sporulation am Kraut, die Bodenbedeckung der Knollen, die Bodenart, Bodenfeuchte und die sortenspezifische Braunfäuleresistenz beeinflusst.

„Kartoffeljahre“ sind auch „Phytophthorajahre“. Beides erklärt sich aus meteorologischen Daten, vor allem der Niederschlagsverteilung und Temperatur. Sowohl für die Krankheitsvorhersage als auch für die operative Entscheidung, ob eine Bekämpfungsmaßnahme erforderlich ist oder erspart werden kann, ist detaillierte Kenntnis von Niederschlag, Luftfeuchte, Blattfeuchtedauer, Temperatur und anderen Faktoren erforderlich. Untersuchungen aus etwa 150 Jahren führten zu ständiger Vergrößerung der Toleranzbereiche (Tabelle 1).

**Tab. 1** Temperatur- und Feuchtigkeitsansprüche von *P. infestans* (Crosier 1934, Cox & Large 1960, Warren & Colhoun 1975, Erwin & Ribeiro 1996), zusammengestellt von Schöber-Butin 2001, wenig verändert.

Merkmal	Temperatur	Luftfeuchte	Zeit
Infektion (bis Symptome erscheinen)	bei 10-25 °C	100 % (Tropfen)	2-2,5 Std. Inkubation
	bei 11,7 °C		53 Tage
	bei 15,6 °C		6 Tage
	bei 17,8-21,1 °C		3-5 Tage
	bei 20 °C		2-3 Tage
Myzelwachstum	bei 4-26 °C	> 85 %	
Überleben des Myzels			
- in der Knolle	bei 0-43 °C		1 Std. bei 43 °C
- im Stängel	bis 34 °C		
- im Blatt	bis 30 °C		1,5 Tage bei 30 °C
Sporangienbildung	bei 2,7 °C	91-100 %	6 Tage
	bei 7,7-15 °C	91-100 %	24-48 Std.
	bei 16-22 °C	91-100 %	8-14 Std.
	bei 20 °C	20-40 %	1-2 Std.
Überleben der Sporangien		50-80 %	3-6 Std.
Keimung			
- Sporangien als Konidie	bei 8,8-26 °C	100 %	8-32 Std.
- als Zoosporen geschlüpft	bei 10-15 °C	100 % (Tropfen)	0,5-2 Std.

Infektionen sind bei extremer Luftfeuchte bzw. Wassertropfen ab 10°C möglich, Wachstum des Myzels kann ab 4°C erwartet werden. Im Stängel überlebt der Erreger kurzfristig auch eine Temperatur von 40°C (Kable & Mackenzie 1980). Deutliche genetische Unterschiede in der Temperaturverträglichkeit zwischen Isolaten wurden in neuerer Literatur beschrieben (Mizubuti et al. 2002, Kirk 2003).

Stängelinfektionen sind ein altbekanntes Symptom der Krautfäule, das seit einiger Zeit besondere Aufmerksamkeit erfährt. Durch PCR-Untersuchungen konnten neue Einsichten in den Beginn des Krautfäuleverlaufs, insbesondere bei hoher Bodenfeuchte während des Auflaufens gewonnen werden (Habermeier & Adler 2000). Gehäufte Stängelbefall gegenüber dem dominierenden Blattbefall hat sicher mehrere Ursachen: wirksamere und andere Fungizide, andere Applikationstechnik, dadurch häufigere Grenzsituationen für das Überleben des Erregers (im Stängel als letzter oder erster Zuflucht), züchterisch veränderte Stängelarchitektur. Sowohl bei Sämlingsinokulation als auch bei Krautfäuleresistenzprüfungen im Feld ohne Fungizideinsatz ist Stängelbefall generell auch zu beobachten (Abbildung 4), eine Häufung bei bestimmtem Zuchtmaterial ist selten (z.B. bei Kreuzungen mit *Solanum phureja*, Abbildung 5).

## 1.2. Wirtschaftliche Bedeutung und Maßnahmen der Bekämpfung

Befall wirkt sich in Ertragsminderung durch Zerstörung des Assimilationsapparates, durch Qualitätsverlust (geringerer Stärkegehalt, Toxin in befallenen Knollen, Überschreitung der Toleranzgrenze für den Anteil fauler Knollen) und Begünstigung von Sekundärinfektionen (Nassfäule u. a.) aus. Krautabtötung zur Begrenzung der Knolleninfektionen wird häufig angewendet und schließt die genannten Komponenten ein.

Zur Bekämpfung ist nach wie vor die Nutzung der gesamten Palette der Maßnahmen erforderlich: Hygiene, Auslese kranker Knollen, Unterbindung von Sporenbildung auf Abfallhaufen, Auslassung von Senken im Acker und von Waldecken, Erhaltung guter Bodenstruktur und hohen Anteils organischer Stoffe im Boden, Einhaltung guter Fruchtfolge mit dreijähriger Anbaupause für Kartoffeln, Ernte bei trockenem Wetter, gute Lagerbedingungen zur Vermeidung der Ausbreitung von Fäulen, Maßnahmen zur Reduzierung des Überwinterns von Knollen auf dem abgeernteten Kartoffelacker und Eliminieren des Durchwuchses von Kartoffeln im Folgejahr, Einsatz von Fungiziden gegen Krautfäule, verbesserte Widerstandsfähigkeit der Kartoffeln durch Resistenzzüchtung. Vor allem durch chemischen Pflanzenschutz in Verbindung mit Wettervorhersage und Befallsprognose wird das Schadmaß seit Jahrzehnten wesentlich begrenzt (Kolbe 1982/83, Zwankhuizen & Zadoks 2002). Jedoch ist die Kraut- und Braunfäule die weltweit wichtigste Kartoffelkrankheit geblieben. Dies ist im europäischen Rahmen vor allem auf Änderungen in der landwirtschaftlichen Praxis zurückzuführen: regionale Konzentration im Anbau (Darsow 1983b), Missachtung der Fruchtfolge (Bødker et al. 2006), Einsparung des Aussammelns, Pflanzen und Ernten auch bei Nässe.

Seit langem gehört die Kartoffel zu den landwirtschaftlichen Kulturen mit dem höchsten Einsatz an chemischen Pflanzenschutzmitteln. Der Hauptanteil davon richtet sich gegen Kraut- und Braunfäule. Im europäischen Kartoffelanbau sind heute bis zu 19 Fungizidbehandlungen je Vegetation üblich (Schepers 2004a). Bekämpfungskosten und verbleibende Schädigung belaufen sich in den USA durchschnittlich auf 507,- \$ je Hektar (Guenther et al. 2001), in Deutschland auf etwa 470,- Euro/ha (150,- Euro für die chemische Bekämpfung, 250,- Euro Ertragseinbuße, 70,- Euro Verlust durch Braunfäule, Darsow 2002a). Die Schädigung in Entwicklungsländern wird auf jährlich 3 Milliarden \$ geschätzt (Anonym 1996). Trotz verbesserter, präziser Empfehlungen für die chemische Bekämpfung während der Vegetation (Prognose, DSS-Systeme) und der Zulassung neuer Mittel gibt es im Kartoffelanbau kaum weitere deutliche Reduzierung der Schädigung des Erregers. Umwelt- und Verbraucherschutz führten in einigen Ländern zur mittelfristigen staatlichen Zielstellung der Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzes. In Deutschland gilt das „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“. In den Niederlanden wurde eine konzertierte nationale Forschungsinitiative mit Aufwendungen von etwa 10 Millionen € bis 2012 allein für Maßnahmen bei Krautfäule der Kartoffel gestartet (Anonym 2006). Für den ökologischen Kartoffelbau bei begrenztem Einsatz von Kupfermitteln entscheidet Krautfäulebefall mit über die Knollengröße, die Ausreife der Knollen, Ertrag, Geschmack, Qualität, Lagerfähigkeit und Betriebsökonomie. In großen Teilen der Welt fehlt es an finanziellen und strukturellen Voraussetzungen effektiver Fungizidanwendung.

Auch von der Klimaveränderung kann zukünftig keine nennenswerte Entlastung erwartet werden. Hinzu kommt eine weltweite Zunahme der genetischen Diversität der *Phytophthora*-Populationen in den letzten 20 Jahren (Fry & Smart 1999, Schepers & Spits 2006). Die epidemiologische Rolle der Oosporen wächst mit der Missachtung der klassischen Fruchtfolgeregeln und kann die Bekämpfungsprobleme verschärfen.

*Phytophthora*-Resistenz kann den Fungizideinsatz bis zu 75 % ersetzen (Kirk et al. 2001, Nielsen 2004). Es wird erwartet, dass neue Sorten, die mit Hilfe von Resistenzvererbern aus dem Institut für landwirtschaftliche Kulturen (ILK) der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (seit 2008 umbenannt in Julius-Kühn-Institut) in Groß Lüsewitz gezüchtet werden, eine Fungizideinsparung von wenigstens einem Drittel ermöglichen. Gute rassenunabhängige Resistenz bewirkt eine Verlängerung der Vegetation und weitgehende Ausnutzung des Ertragspotentials (Darsow 2002a). Je nach Kompromissen bei anderen Merkmalen wie Knollenform und Schalenbeschaffenheit ist höheres Resistenzniveau bzw. schnellerer Zuchtfortschritt möglich. Reduzierte Fungizidmenge je Behandlung unterstützt quantitative Resistenz meist besser als verlängerter Behandlungsabstand (Schepers 2004b).

## **2. *Phytophthora*-Resistenzzüchtung**

### **2.1. Sortenzüchtung und Vorlaufzüchtung bei Kartoffeln**

Als vegetativ vermehrte Kulturpflanze weist die Kartoffel eine besonders hohe Anzahl an Krankheiten und Schädlingen auf. Der kleine Vermehrungsfaktor (1:4-7) und der Generationenabstand von 7-10 Jahren sowie die etwa 70 Merkmale bei der Kartoffel erfordern im Vergleich zu Getreide oder Raps sehr lange Bearbeitungszeit. Systematische Auslese neuer Sorten durch private Zuchtfirmen reicht etwa 160 Jahre zurück. Dabei ging man von anfänglicher Suche nach Mutanten und Selektion in Sämlingen aus

spontanen Selbstungen zur Kombinationszüchtung mit Kreuzung gezielt ausgewählter Eltern über. Krautfäule und Kartoffelkrebs riefen spezialisierte Resistenzzüchtung als biologische Bekämpfungsmaßnahme auf den Plan. Weitere Erforschung der Viruskrankheiten führte zur organisatorischen Trennung von Neuzüchtung, Sortenerhaltung, Pflanzguterzeugung und Produktion für den Markt, um die unterschiedlichen Aufwendungen zur Gesunderhaltung effektiver zu gestalten.

Züchtung ist kreative Anwendung von Wissenschaft; sie ist Handwerk, das sehr gute Beobachtungsgabe, sehr langfristige Planung und Geduld erfordert. Erfahrung als Voraussetzung beschreibt einen langen Lernprozess. Vorlaufzüchtung (englisch pre-breeding) oder Entwicklung von adaptiertem Keimplasma ist als Spezialaufgabe zu verstehen, die sich auf methodisch besonders schwierige Merkmale richtet und diese derart mit den anderen Merkmalen kombiniert, dass die anschließende Verwertung in der Sortenzüchtung ohne erhebliche Rückschläge erfolgen kann. Sie umschreibt langfristige, in der Regel konventionelle Zucharbeit, die außerhalb der Sortenzüchtung als wissenschaftlich gestützte Überführung erwünschter Gene ins Genom der Kulturpflanze erfolgt und die züchterische Anpassung an Klimabedingungen und Nutzungsziele (Kulturniveau, spezialisierte Verwertungseignung) beinhaltet. Sie stellt damit das Bindeglied zwischen Genbank einerseits (Sammlung, Erhaltung und Bewertung genetischer Ressourcen) und Sortenzüchtung andererseits dar. Abbildung 6 und 7 lassen die Dimension der notwendigen Veränderung erkennen. Vorlaufzüchtung leistet mehr als 90% des genetischen Umbaus von der Wildart als Quelle der Resistenz bis zur Sorte. Vorlaufzüchtung bearbeitet Aufgaben, deren Realisierung der privaten Sortenzüchtung allein nicht möglich ist und sie wirtschaftlich überfordert, aber im besonderen gesellschaftlichen Interesse liegt, z.B. ein dringendes Anliegen des Umwelt- und Verbraucherschutzes darstellt. Bei Erzeugung von dauerhafter, rassunenabhängiger Resistenz gegen Kraut- und Braunfäule der Kartoffel liegt sowohl dringendes Erfordernis eines erhöhten Bekämpfungsbeitrags durch Resistenzzüchtung als auch überaus hoher Schwierigkeitsgrad der Bearbeitung vor, weshalb die bereits etwa 130 Jahre währende Geschichte der Resistenzzüchtung gegen den Erreger *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary überwiegend eine Kette von Enttäuschungen darstellt (Ross 1986). Unter solchen Gegebenheiten gehört sie mit staatlicher Finanzierung in die Ressortforschung, die langfristige Planung sichert.

Da quantitative, dauerhafte *Phytophthora*-Resistenz polygener Natur ist und bei Wildarten, die im Kurztag beheimatet sind, am besten ausgeprägt vorkommt (Mexiko), muss auf dem Wege der Vorlaufzüchtung die enge Verbindung von polygener Resistenz mit extremer Spätreife und negativer Ausprägung bei Leistungs- und Qualitätsmerkmalen aufgebrochen werden, ohne die Resistenz zu verlieren. An dieser Aufgabe ist die Züchtung bisher weitgehend gescheitert (Huarte 1999, Allefs et al. 2005). Weil es sich bei quantitativer *Phytophthora*-Resistenz um polygenen Transfer aus Wildarten handelt, ist diese Aufgabe mit etwa 90% der üblichen resistenzzüchterischen Objekte nicht zu vergleichen. Der Schwierigkeitsgrad, das erforderliche Maß an Resistenzprüfungen und Zuchtmaterial und der Zuchtfortschritt unterscheiden sich gravierend. Vom Beginn der Nutzung einer Wildart bis an die Schwelle der Sortenzüchtung werden etwa 30 Jahre (Vorlaufzüchtung), zur neuen Sorte weitere 11-18 Jahre gebraucht.

## 2.2. Resistenztyp und Resistenzquellen

Zwei Resistenztypen gegen *Phytophthora infestans* werden unterschieden, die in Tabelle 2 charakterisiert sind. Daneben ist gelegentlich von Nicht-Wirtsresistenz die Rede wie z.B. bei *S. nigrum*, das inzwischen aber zu den Wirten des Erregers gerechnet wird.

**Tab. 2** Die beiden bekannten Resistenzformen der Kartoffel gegenüber *Phytophthora infestans*

<b>Merkmale</b>	<b>Überempfindlichkeit</b> = R-Gen-Resistenz = vertikale Resistenz	<b>Relative Resistenz</b> = quantitative Resistenz = horizontale Resistenz
wirkt gegenüber Rassen:	nur gegen bestimmte	gegen alle
Dauerhaftigkeit:	wenige Jahre	ca. 25 Jahre
Umweltabhängigkeit:	gering	hoch
Abwehrreaktion:	vollständig	langsam fortschreitender Befall
Bewertung:	ja/nein	quantitativ
Vererbung:	einfach	quantitativ
Resistenzprüfung:	1 Jahr, 1-2 Methoden	>3 Jahre, System von Methoden

Überempfindlichkeit (Hypersensibilität) beruht auf sehr schnellem Absterben eines kleinen Zellverbandes nach dem Eindringen von *P. infestans* in eine Wirtszelle. Sie stellt sich als rassenspezifische Resistenz dar und wird durch ein Gen bedingt. Ein solches Resistenzgen (R-Gen) korrespondiert mit dem entsprechenden Virulenzgen des Erregers (Robinson 1971), der Gen-für-Gen-Hypothese von Flor (1955) folgend. Diese Resistenz wird dominant vererbt. Bekannte Virulenzgene kommen in Isolaten in beliebiger Kombination vor. Die Zählung und Identifizierung wurde Ende der 1970er Jahre aufgegeben und die Resistenzzüchtung auf der Basis der Überempfindlichkeit wegen zu kurzer Wirkungsdauer eingestellt. Jedoch haben die neuen molekularbiologischen Techniken die Suche nach einfach vererbten Resistenzgenen erneut angefacht. Die Resistenzausprägung in Blättern und Knollen eines Klons muss nicht übereinstimmen. Fortschritt gibt es in der Kartierung und Klonierung alter und neuer R-Gene und funktioneller Resistenzgene. Weitere Ausführungen enthält Abschnitt 2.4.

Polygen bedingte, partielle, unspezifische, horizontale, relative Resistenz ist sehr umweltabhängig, aber dauerhaft. Sie wird durch verringerte Infektionsrate, langsamere Myzelverbreitung im Wirtsgewebe, längere Zeitdauer bis zur Symptombildung, verzögerte und/oder geringere Sporulation wirksam. Diese Resistenzform wirkt gegen alle Rassen ähnlich. Ihr Wirkungsmechanismus ist weitgehend unbekannt (Siehe 2.4.), wahrscheinlich ist sie polygen bedingt (Robinson 1973, Turkensteen 1993, Umaerus & Umarerus 1994, Parlevliet 2002). Die Prüfungsmethoden werden unter 3. beschrieben.

Für beide Resistenztypen stellen Wildkartoffeln (Abb. 8, Abb. 9) den Ausgangspunkt der Resistenzzüchtung gegen *P. infestans* dar, weil in Kulturkartoffeln und in den sieben kultivierten *Solanum*-Arten *Phytophthora*-Resistenz nur unzureichend vorkommt. Gerade bei resistenten Wildarten kommen meist beide Resistenztypen gemeinsam vor. Die Entscheidung, ob R-Gene oder horizontale Resistenz das Prüfungsergebnis bestimmen, kann oft erst an den Nachkommen der Wildart (Artkreuzungen oder Rückkreuzungen) festgestellt werden. Beruht die Resistenz wesentlich auf Genen für Überempfindlichkeit, dann stellt sich bei Kreuzung mit anfälligen Partnern ab zweiter Generation meist ein Verhältnis resistenter zu anfälligen Nachkommen von etwa 1:1 mit zweigipfliger Häufigkeitsverteilung ein, während bei hoher quantitativer Resistenz eine eingipflige Verteilung über den gesamten Reaktionsbereich erwartet wird. Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die Hypersensibilität viel leichter in die Kulturkartoffel zu transferieren ist als die horizontale Resistenz. Seit 1925 werden systematisch Wildkartoffeln als genetische Ressourcen für die Züchtung gesammelt und in Genbanken erhalten und bewertet. Trotz dringenden Bedarfs erfolgt jedoch systematische Nutzung der horizontalen *Phytophthora*-Resistenz aus Wildarten bisher nur an wenigen Instituten in langfristigen Zuchtprogrammen (Siehe Darsow 2000a, b, 2006). Während die züchterische Bearbeitung für Kurztaggebiete im CIP, Lima, Peru, erfolgreich für Entwicklungsländer vorangeht (Landeo et al. 1995, 1999, 2002, Forbes & Landeo 2006), setzen die Arbeiten im ILK Groß Lüsewitz Maßstäbe für Langtaggebiete. Die Kombination mit den vielen anderen Merkmalen, insbesondere den polygen bedingten wie z.B. Ertrag, Reifezeit, auch Stolonenbildung (Abb. 10), erfordert bei quantitativ vererbter Resistenz erhöhte Anzahl von Kreuzungen und der Anzahl von Sämlingen je Kombination und erhöhte personelle Aufwendungen in der Züchtung. Daraus erklärt sich die geringe Beliebtheit dieser aussichtsreichen, aber schwierigen konventionellen Züchtungsaufgabe.

### **2.3. Heterozygotie, Ploidie, 70 Merkmale, Genverlust und Übertragung von Polygenen für Resistenz aus Wildarten ins Kulturkartoffelgenom durch konventionelle Züchtung**

Ein Zuchtklon der Kartoffel oder eine Sorte ist die vegetative Nachkommenschaft einer einzigen Pflanze, aus einem Samenkorn. Verbesserungen werden durch Kreuzung von Individuen, nicht von Populationen, im Rahmen der Züchtung als Schritt zur Erzeugung neuer Genkombinationen und Auslese neuer, besser geeigneter Individuen erzielt. Die Gene auf den 12 Chromosomen entscheiden über die Merkmalsausprägung in der jeweiligen Umwelt (Ort, Klima). Ein Gen kann in verschiedenen Formen (Allelen) auftreten, z.B. als A und a, die in diploiden Zellen homozygot (aa oder AA) oder heterozygot (Aa) kombiniert sein können. In heterozygoter Kombination unterdrückt A (dominant) das a (rezessiv), eine in den leistungsstärksten Kartoffelformen insbesondere bei quantitativen Merkmalen überwiegend anzutreffende Allelkombination. Homozygote Genotypen werden deshalb bei phänotypischer Auslese oft in frühem Stadium verworfen. Selbstungen sowie Kreuzungen eng verwandter tetraploider Kartoffelklone untereinander sowie die parthenogenetische Erzeugung dihaploider Klone aus tetraploiden durch Bestäubung mit bestimmten Klonen von *Solanum phureja* sind geprägt durch Inzuchtdepression. Daraus

resultiert auch, dass Monohaploide bei Kartoffeln selbst in der Züchtungsforschung keine Bedeutung erlangen konnten.

Die meisten Wildarten der Kartoffel sind diploid, sie tragen den Chromosomensatz in den Körperzellen doppelt ( $2n = 24$ ), Pollen und Eizellen enthalten jedes Chromosom einmal. Die Kulturkartoffel ist jedoch tetraploid. Entsprechend kann die heterozygote Allelkombination für Aa als Aaaa, AAaa oder AAAa vorliegen mit den daraus resultierenden erheblichen Unterschieden der Häufigkeit der Nachkommen mit A, der dominanten Merkmalsausprägung. Trägt nicht nur ein Gen vom gleichen Ort auf den vier gleichen Chromosomen zum phänotypischen Ergebnis bei, sondern mehrere auf verschiedenen Chromosomen wie bei quantitativen Merkmalen, dann ist das Ergebnis von Kreuzungen schwer vorauszusagen und von der Leistung eines Klons kaum auf seine genetische Konstitution zu schließen. Mehrere Gene sind häufig additiv mit unterschiedlicher Stärke an der Ausprägung beteiligt, andere als unselbständige Gene nur bei Vorhandensein eines bestimmten selbständigen Gens wirksam, epistatische und hypostatische Effekte sowie pleiotrope Genwirkungen (auf mehrere Merkmale gleichzeitig) kommen vor. Für polygen bedingte Merkmale ist die genetische Kenntnis bei Kartoffeln bisher fragmentarisch (Gebhardt 2004), weil die Vererbungsanalyse methodisch mit der Unterscheidung der „minor genes“ überfordert ist.

Kartoffelzüchter haben eine Anzahl von etwa 70 Merkmalen zu erfassen und in der Kreuzungsplanung zu berücksichtigen. Die Zahl und Bedeutung variiert je nach beabsichtigter Verwertungsrichtung und erwarteten Anbaugebieten. Am Kraut werden während der Vegetation 12 Merkmale erfasst. 24 äußere Knollenmerkmale werden direkt erfasst oder berechnet. Die Qualität eines Zuchtklons wird durch Beobachtung innerer Mängel (> 3 Merkmale) und nach dem Ergebnis spezieller Eignungsprüfung (10 Merkmale) sowie chemischer Untersuchungen (Gehalt an > 22 Inhaltsstoffen) ermittelt. Resistenz gegen 8 -17 Pilzkrankheiten, 4 Bakteriosen, 7-38 Virose, ein Viroid, 1-6 Phytoplasmen, 3-5 Nematodenarten und 33 weitere Artgruppen von Schädlingen wäre wünschenswert, gegen 6-11 Erreger wird spezielle Resistenzprüfung durchgeführt, für einige andere muss Befallsfreiheit nachgewiesen werden. Da die größere Anzahl der Merkmale nicht nur durch ein Gen bedingt ist, ergibt sich mit jedem weiteren, neuen Merkmal das Erfordernis, sowohl den Materialumfang zu vergrößern als auch Kompromisse (Rückschläge) bei den bisherigen Merkmalen in Kauf zu nehmen. Jede Züchtungsaufgabe bei Kartoffeln, auch Vorlaufzüchtung, muss die Gesamtheit der Merkmale im Blick haben, wenn sie der Sortenzüchtung nutzen soll. Das Einführen oder Verbessern eines Merkmals bringt automatisch Konsequenzen auch bei den meisten anderen Merkmalen der Kartoffel; nur wenn der genetische Nutzen die Verschlechterung bei den 68 anderen Merkmalen übertrifft, wird die Sortenzüchtung ein entsprechendes „Geschenk“ der Wissenschaft einsetzen. Dabei spielen Vorurteile und Überzeugungen eine wichtige Rolle, denn erste Ergebnisse zeigen sich erst nach ausreichend breiter Anwendung in etwa 10 Jahren; eine abschließende sachgerechte Bewertung kann erst nach mehreren Generationen gegeben werden. Für Langtaggebiete der gemäßigten nördlichen und südlichen Klimazone gilt die Kombination von Resistenz-Polygenen aus Wildarten mit Reife-Polygenen und Qualitäts-Polygenen der Kartoffel in der Literatur als durch konventionelle Züchtung nicht lösbare Aufgabe (Ross 1986, Huarte 1999, Muskens & Allefs 2002, Allefs et al. 2005). Dennoch wurde aufgrund der 1964 unter Rudolf Schick eingeleiteten, auf die praktische Lösung orientierten Züchtungsforschung der Beweis erbracht, dass konventionelle Züchtung diese Aufgabe im Rahmen wissenschaftlich gestützter, institutioneller Ausführung lösen kann. Als Nebenprodukt der Forschung kann Vorlaufzüchtung (Pre-breeding) für polygen bedingte, dauerhafte *Phytophthora*-Resistenz allerdings nicht erfolgreich sein, sondern nur als gewollte Züchtung im Vorfeld der Sortenzüchtung. Sicher ist, dass die Sortenzüchtung allein die Überführung polygener Resistenz aus Wildarten in neue Sorten nicht leisten kann.

Da im System der Stammbaumzüchtung Gene verloren gehen, müssen in kurzen Abständen weitere Resistenzgene zugeführt werden. Wenn in diesem Abstand jeweils neue, möglichst genetisch andere Resistenzvererber in der Sortenzüchtung zum Einsatz kommen, wird damit einer möglichen, langsamen Anpassung der Erreger entgegengewirkt. Die Vorlaufzüchtung kommt beim Merkmal quantitative *Phytophthora*-Resistenz nicht zum Abschluss. In den A-Klonen des Jahres 2006 spiegelt sich die Anwendung dieser Strategie in der Vorlaufzüchtung der BAZ wider (Tab. 3). Zeitlich gestaffelt werden neue Resistenzquellen erschlossen und die Resistenzgene schrittweise in sortennahe Gesamtkombination der Merkmale überführt.

**Tab. 3** Anzahl „wilder“ Klone unterschiedlicher Zuchtstufe und aus verschiedenen Resistenzquellen unter 180 geernteten A-Klonen bei Kartoffeln mit *Phytophthora*-Resistenz im ILK Groß Lüsewitz, die sich 2006 im Anbau befanden

Wildart	Kreuzungsstufe				
	F1	BC1	BC2	BC3	BC4
<i>S. bulbocastanum</i>	-	-	4	-	-
<i>S. circaeifolium</i>	-	-	6	5	11
<i>S. demissum</i>	-	1	15	-	-
<i>S. demissum</i> x <i>S. stoloniferum</i>	9	-	3	-	-
<i>S. demissum</i> x <i>S. polytrichon</i>	-	-	2	-	7
<i>S. demissum</i> x ( <i>S. tbr</i> spp. <i>adg</i> x <i>blb</i> )	-	4	-	-	-
<i>S. okadae</i>	-	6	48	-	-
<i>S. papita</i>	-	-	3	-	-
<i>S. stoloniferum</i>	-	-	5	21	-
<i>S. stoloniferum</i> x <i>S. tbr.</i> ssp. <i>andigena</i>	-	1	-	-	-
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i>	-	5	-	-	-

#### 2.4. Stand der Nutzung quantitativer *Phytophthora*-Resistenz in der Züchtung

International ist bisher überzeugender Erfolg in der Nutzung quantitativer *Phytophthora*-Resistenz in der Sortenzüchtung für Langtaggebiete nicht erreicht worden. Es gibt im Ausland in der Sortenzüchtung zur *Phytophthora*-Resistenz weder intensive Bemühungen, noch ausreichend geeignete Vorbereitungen für zukünftigen Erfolg. Ursachen dafür sind die polygene Natur dieser Resistenzform, die unabhängige Ausprägung an Kraut und Knollen, die schwierige Übertragung aus Wildarten in Kulturformen durch Umformung der gesamten genetischen Konstitution. Dabei stellt die Kombination polygener Resistenz mit polygenen Leistungs- und Qualitätsmerkmalen und Anpassung an Langtag eine ungewöhnliche züchterische Herausforderung dar. An wissenschaftlicher Vorarbeit zur Erschließung neuer Resistenzquellen hat es nicht gefehlt, die vor 15-20 Jahren intensiviert wurde (Shitlova 1987; Darsow & Hinze, 1991a, b; Wastie 1991, Colon 1994, Bradshaw et al., 1995; Darsow 1995, Rivera-Pena 1999, Singh et al. 1999, Stewart & Ramsay 1999, Micheletto et al. 2000, Douches et al. 2001). Biotechnologische Methoden erweiterten die Nutzung der genetischen Ressourcen auch auf nicht oder sehr schwer mit Kulturkartoffeln kreuzbare Wildarten aus (Thieme et al. 1997, Helgeson et al. 1998, Oberwalder et al. 1998). Sehr selten finden sich in der Literatur Ergebnisse zum züchterischen Fortgang der Wildartnutzung (Tazelaar 1981, Landeo et al. 1995, Bradshaw et al. 1995, Darsow 1998a, 1999, 2000a, b, 2002a, b, 2003b, 2005a, 2006). Dabei wurde meist wie bei Nutzung von Überempfindlichkeit verfahren, reine Rückkreuzungsserien bei zu wenigen Resistenzuntersuchungen führten schnell zum Scheitern und wurden selten öffentlich wie bei *S. verrucosum* (Tazelaar 1981, Siehe 4. und 5.1.). Kurzzeitige Projekte, fortschreitende Spezialisierung und Privatisierung vertragen sich nicht mit dieser Aufgabe. Methodische Unzulänglichkeiten in der Resistenzprüfung wie Feldprüfung auf Krautfäulerresistenz an ungeeignetem Standort, ohne Inokulation, Beregnung und Reifekorrektur (Siehe 3.1., 3.1.3, 3.1.4.) stellen ein weitere Ursachen für bisher geringen Züchtungserfolg dar. Tabelle 4 zeigt ein aktuelles Beispiel dafür bei Vergleich der Sortenkataloge mehrerer Länder. Die Sorte Adora wurde in verschiedenen Ländern mit Krautfäulerresistenz 1 bis 6 eingestuft, gleichzeitig sowohl sehr hoch anfällig als auch mäßig resistent eingeschätzt. Solch ein Ergebnis schreckt einen Züchter von der Nutzung ab. In der Regel richtet er sich nach landeseigener Prüfung, was nach finnischem Ergebnis hier einer Fehlsteuerung entspricht. Im europäischen Projekt EUCABLIGHT wurde ein Beitrag zur Verbesserung und Harmonisierung der Resistenzprüfung geleistet (Zimnoch-Guzowska et al. 2005, Siehe 9.). Nach dem Stand von 2005 wurde dabei festgestellt, dass in 11 europäischen Ländern insgesamt 341 Sorten mit vermeintlich guter bis sehr guter quantitativer Krautfäule- und/oder Braunfäuleresistenz zugelassen waren. Da diesem Ergebnis nur geringes züchterisches Engagement zugrunde liegt und eigene Untersuchungen wesentlich geringeres Resistenzniveau ergaben, muss auf verbreitet unzureichende Prüfungsmethodik geschlossen werden. Umwelteinflüsse, methodische Unterschiede in den Ländern und

unterschiedliche Erfahrung der bewertenden Personen führen zu vermeidbar hohen Unterschieden im Ergebnis der Resistenz von Sorten.

**Tab. 4** Auszug aus der Liste der in Europa *Phytophthora*-resistentesten Sorten nach nationaler Einstufung in 11 Ländern, zusammengestellt von E. Zimnoch-Guzowska im Projekt EUCABLIGHT. Kraut- (KFR) und Braunfäule-resistenz (BFR), Note 9 sehr resistent, 1: sehr anfällig.

Sorte	KFR		Jahr	Land							Mittelwert
	BFR	Zulassung		FI	NO	PL	GE	SK	NL	UK	
Adora	KFR	1990	6,0	-	-	-	4,0	1,0	-	3,0	3,5
	BFR		7,0	-	-	-	6,0	8,0	-	8,0	7,2
Agata	KFR	1990	-	-	-	-	3,0	5,0	-	4,0	4,0
	BFR		-	-	-	-	4,0	5,5	-	8,0	5,8
Agria	KFR	1985	-	-	-	6,0	4,0	5,5	-	4,0	4,9
	BFR		-	-	-	-	6,0	7,5	-	6,0	6,5

Ausdauernde und konzeptionell aussichtsreiche Weiterbearbeitung von Wildartkreuzungen im Vorfeld der Sortenzüchtung blieb international auf wenige Orte beschränkt. Erfolgreiche Bearbeitung ist gekennzeichnet durch Optimierung der Resistenzprüfung, Änderungen sowohl im Selektionsablauf als auch in der Zuchtmethode (Darsow 1983, 1989, 1992a, b, 2003a, b, 2005, Darsow & Strahwald, im Druck, Landeo et al. 1995, 1999, 2002, Forbes & Landeo 2006). Während aus der Bearbeitung im CIP eine Vielzahl von Sorten hervorging, die sich unter Kurztagsbedingungen bewährten, braucht die Anpassung an Langtag mit erhöhten Qualitätsansprüchen mehr Zeit und fand bisher kaum Eingang in neue Sorten.

Schlimmer als bisheriger Misserfolg ist jedoch die Schlussfolgerung von Züchtern aus unangemessenem bisherigen Umgang damit, horizontale Resistenz sei ungeeignet, weil sie stets mit Spätreife verbunden vorkommt (Allefs et al. 2005). Dieses Fehlurteil aufgrund methodischer Mängel wurde dann mehrfach durch molekulargenetische Untersuchungen „untermauert“ (Gebhardt et al. 2004). Über Jahrzehnte hat niemand außer uns die entscheidende interdisziplinäre methodische Änderung vorgenommen (Darsow 1989). Eine deutsche Zuchtfirma hat dieses Problem seit wenigen Jahren vorbildlich gelöst.

## 2.5. Stand der Züchtungsforschung zur *Phytophthora*-Resistenz aus züchterischer Sicht

Grundlagenforschung zu Resistenz der Kartoffel gegenüber *P. infestans* erfolgt sehr weitgehend zur *Hypersensibilität*, wenig zur polygen bedingten Resistenz, obwohl diese bei Kartoffeln die entschieden größere praktische Bedeutung hat. Methodischer Fortschritt steigerte Möglichkeit und Interesse an der Lokalisierung von R-Genen über die 11 bekannten R-Gene aus *S. demissum* und *S. stoloniferum* hinaus (Schick & Schick 1959), die z. T. auch kloniert wurden: aus *S. berthaultii* Rpi-ber1 (Ewing et al. 2000), aus *S. pinnatisectum* Rpi-pnt1 (Kuhl et al. 2001), aus *S. microdontum* (Sandbrink et al. 2000), aus *S. bulbocastanum* Rpi-blb1/RB (Song et al. 2003), Rpi-blb2 (van der Vossen et al. 2005), Rpi-abpt (Park et al. 2005), aus *S. mochiquense* Rpi-mcq1 (Smilde et al. 2005) aus Tomate Ph-2 (Moreau et al. 1998), aus *S. demissum* R3a, R3b (Huang et al. 2005). Untersuchungen zur Pathogenese, Wirtserkennung und Signalleitung wurden überwiegend bei dieser qualitativen Resistenzform durchgeführt. Die Entdeckung der Teilhabe von Hypersensibilität an relativer Resistenz in zytologischen Untersuchungen (Kamoun et al. 1999, Vleeshouwers et al. 2000a) und die Feststellung von QTL in Nähe von R-Genen auf einigen Chromosomen haben Zweifel an der Existenz zwei verschiedener Resistenztypen aufkommen lassen (Gebhardt 2004). Die Behauptung der Gruppe von Helgeson vor wenigen Jahren, dass ein Gen-cluster oder ein Gen auf Chromosom 8 in *S. bulbocastanum* sehr hohe rassenunabhängige Resistenz bedingt (Helgeson et al. 1998, Naess et al. 2000, Helgeson mdl. Mttlg. 2001), könnte in der schwierigen Situation einen bequemen Ausweg bieten. Es bleiben starke Zweifel an der Stichhaltigkeit der Behauptung, zumal dieser Genort nur 62% der Varianz des Resistenzverhaltens erklärte und kein weiteres QTL im Genom mit Bezug zur Resistenz identifiziert wurde. Eine Prüfung von Material gleicher Quelle in Ungarn zeigte nicht das erwartete Resistenzniveau (Polgar, mdl. Mittlg. 2004). Die Vorstellung, mit mehreren nicht überwundenen R-Genen in Kombination länger anhaltende Abwehr zu erreichen, weil mehrere Mutationen beim Erreger zur Überwindung nötig sind, führte zur Rückkehr einiger Forscher und Züchter zur

einfach vererbten, rassenspezifischen Resistenz, die generell in der Resistenzzüchtung die Hauptrolle spielt. Die konventionelle Kartoffelzüchtung hat sie nicht erfolgreich nutzen können, weil flexibler Wechsel der R-Genkombination nicht schnell genug erfolgen konnte. Mittels Gentechnik werden die Chancen bei Kartoffeln heute jedoch von einigen optimistischer bewertet. Der nationale Alleingang der Niederlande mit einem Forschungsbudget von ca. 10 Millionen € in 10 Jahren setzt zunächst auf das Einschleusen neuer R-Gene aus Wildarten der Kartoffel, die kombiniert werden und gegebenenfalls durch artfremde Gene ergänzt werden (Vleeshouwers 2000, Allefs et al. 2005, Jacobsen, mündl. Mittlg. 2006, Anonym 2006). Selbst bei der einfachen gentechnischen Ergänzung wird erheblicher Aufwand für nötig gehalten (Heeres et al. 2002). Zunächst ist der Einsatz im Bereich nachwachsender Rohstoffe und der Stärkeindustrie vorgesehen. In Bezug auf das Funktionieren und die Dauerhaftigkeit kann keine Vorhersage getroffen werden. Entscheidender Punkt der Begründung ist, dass polygene Resistenz streng mit der Spätreife gekoppelt sei und nur diese Alternative bleibe (Allefs et al. 2005). Unsere Ergebnisse beweisen, dass diese Argumentation falsch ist.

*Quantitative*, nicht rassenspezifische, dauerhafte Resistenz ist polygener Natur (Robinson 1973, Turkensteen 1993, Umaerus & Umaerus 1994). Sie wurde bisher unzureichend erforscht. Die Kenntnis der Wirkmechanismen, der beteiligten Gene, der Vererbung steckt in den Anfängen (Friend 1991, Parker et al. 1991, Wastie 1991, Schmelzer und Gus-Meyer 1998, Prell & Day 2001, Swiezynski & Zimnoch-Guzowska 2001, Parlevliet 2002, Bormann et al. 2004). Die Abläufe der biochemischen Reaktionswege im komplexen, dynamischen Netzwerk, bei dem Wirts- und Erregerstoffwechsel ineinander greifen, werden im Wesentlichen nicht verstanden. Ros et al. (2004) fanden 72 Stunden nach Blatinokulation 143 Gene mit erhöhter Aktivität, 35 waren stark aktiviert und einige Gene abgeschaltet worden, wobei quantitative Unterschiede in der Reaktion der resistenteren zur anfälligeren Sorte bestanden. Direkte Reaktion auf den Erreger und Reaktionen auf die gleichzeitig stattfindende Gewebezestörung sind schwer zu unterscheiden. Sowohl allgemeine Schutzreaktionen (Stress) als auch spezifische Abwehrreaktionen finden parallel statt. Zur Reaktion der Knollen besteht größerer Forschungsbedarf als bei Krautfäule. Passive (Wachs-, Kutin oder Korkschicht, Staudenarchitektur, Feinstrukturen an Stängeln und Blattachseln) und aktive Komponenten wirken bei Befallsunterschieden mit. Man unterscheidet Infektionseffizienz, Ausbreitungsgeschwindigkeit im Gewebe, Generationsabstand von der Inokulation bis zur erneuten Sporulation und Intensität der Sporulation als aktive Komponenten der Resistenz. Viele biochemische Untersuchungen wurden ausgeführt, um aus dem Gehalt oder der Aktivität eines Inhaltsstoffes zu einem bestimmten Zeitpunkt ein indirektes Kriterium für Resistenz zu finden, z. B. Glukane (Jones et al. 2005), Phenole, Phytoalexine, PR-Proteine, Äthylen, Elicitor-c-DNS u. a. (Vleeshouwers et al. 2000b, Wulff et al. 2002). Ein ausreichend enger Zusammenhang zum Resistenzverhalten konnte in keinem Fall gefunden werden. Wegen überwiegend kleiner Effekte einer unbekanntem Zahl von beteiligten Genen ist der Nachweis durch klassische genetische Analyse sehr schwer, zumal hohe Umwelteinflüsse das Erkennen erschweren und Veränderungen mit dem Pflanzenalter erfolgen (Darsow et al. 1988, Gamboa et al. 2002).

Molekulare Marker lassen sich am leichtesten für *monogen* bedingte Merkmale finden und zu ihrer Identifizierung in der Züchtung einsetzen. Dafür gibt es bereits eine Reihe von Beispielen wie auch zum Nachweis bestimmter Genomanteile (Debener et al. 1991). Zur *Phytophthora*-Resistenz wurde bisher mit Markern vorwiegend zur Überempfindlichkeit gearbeitet (Li et al. 1998, Naess et al. 2000, Kuhl et al. 2001, Song et al. 2003, Huang 2005, Park et al. 2005). Dagegen erweist sich ihr Einsatz bei *polygen* bedingter, quantitativer Resistenz als wesentlich schwieriger (Oberhagemann et al. 1999, Visker et al. 2004). Genorte, die Bezug zu quantitativen Merkmalen haben, werden QTL genannt. QTL für quantitative Krautfäuleresistenz gegen *P. infestans* wurden in einer Reihe von diploiden und auch tertaploiden Populationen untersucht (Meyer et al. 1998, Moreau et al. 1998, Collins et al. 1999, Ewing et al. 2000, Ghislain et al. 2001, Trognitz et al. 2002, Visker et al. 2003, Bormann et al. 2004, Bradshaw et al. 2004, Simko et al. 2007) und auf fast allen Chromosomen wurden einer oder mehrere QTL gefunden. Für die meisten dieser QTL wurde gleichzeitig Bezug zur Reifezeit festgestellt (Collins et al. 1999, Oberhagemann et al. 1999, Visker et al. 2003, 2004). Daraus wurde auf sehr enge Verbindung von jeweils einem Gen für Resistenz und einem für Reifezeit geschlossen oder auf pleiotrope Wirkung eines Gens. Jedoch bei der üblichen Praxis der Krautfäule-Resistenzermittlung aus dem Befallsverlauf, der ein Mischmerkmal aus Reife und Resistenz darstellt, war dieses Ergebnis vorgegeben. Für Anbauggebiete mit einer Tageslänge von mehr als 14 Stunden im Hauptteil der Vegetation muss zur Krautfäuleresistenzbewertung jedoch der Einfluss der Reifezeit auf den Befall abgegrenzt werden. Dies



erfolgte bisher nur in zwei Arbeiten durch Regressionsrechnung (Bormann et al. 2004, Bradshaw et al. 2004). Bei Bormann et al. (2004) wurden in einer Variante der Resistenzberechnung, die nur den Abstand des Krautfäulebefalls als Fläche unter der Befallsverlaufskurve (AUDPC) zur Regressionsgeraden mit der Reifezeit als Maß der Resistenz einsetzt (Korrelation von Reife zur Resistenz = 0), je ein QTL für Resistenz auf Chromosom 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12 und zwei auf Chromosom 11 gefunden. Keiner der 17 besten Markerallele gab in beiden untersuchten tetraploiden Populationen aus Sortenkreuzung gleiches Ergebnis. 4-17% der Variation konnten durch einen einzelnen Marker erklärt werden. Der Marker GP179-570 erklärte in einer Population Resistenz, in der anderen Anfälligkeit. Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Loci erklärten 9-24% der phänotypischen Varianz (bei Visker et al. 2003, 15%). Fünf Markerallele, die 4 Genorte im Genom einer Population markierten, erklärten 38% der Resistenzvarianz, zwei Marker zusammen 15% in der anderen Population. Es gibt nach Bormann et al. (2004) QTL für Reife, QTL für Resistenz und multiple QTL mit variablem Effekt für beides. Bormann et al. (2004) unterschieden bei der Auswertung jedoch nur zwei Gruppen der Reife bei Populationen, die nur geringfügig über früh bis mittelfrüh hinaus variierten. Das erscheint für den Zweck zu grobes Werkzeug zu sein. Zudem bezieht sich die Interpretation nicht nur auf die reifekorrigierte Resistenzberechnung.

Bei Bradshaw et al. (2004) erklärt ein duplexes QTL-Allel auf Chromosom IV reifeunabhängig 31% bzw. 38% der Krautfäule-resistenz im additiven bzw. partiell dominanten Modell. Ein simplex QTL-Allel auf Chromosom V erklärte 17% der Krautfäulevarianz und 26% der Braunfäulevarianz als *indirekte* Wirkung der Reifezeit, bei Berechnung mit Reifekorrektur durch Regression auf die Reife leistete es aber keinen signifikanten Beitrag mehr, sondern nur direkte Wirkung auf die Reifezeit. 56% der Varianz der Krautfäule-resistenz und 40% der Braunfäule-resistenz wurden durch beide QTL erklärt. Dieser Arbeit liegt eine tetraploide Kreuzung eines anfälligen Klons mit Sorte Stirling zugrunde, beide haben gleiche Reifezeit. Die Begrenzungen durch derzeit mögliche statistische Auswertung werden diskutiert. Man muss berücksichtigen, dass nur einjährige Ergebnisse aus Feld- bzw. Gewächshausanbau verwendet wurden. Der Krautfäulebefall korrelierte mit der Frühreife ( $r = 0,56-0,52$ ), Braunfäulebefall und Reife mit  $r = 0,51$ . Ein R-Gen auf Chromosom XI hatte keinen signifikanten Einfluss auf die quantitative Resistenz. Das Untersuchungsmaterial ist in beiden Arbeiten weit vom Optimum entfernt und nicht mit dem unter Abschnitt 9 in dieser Arbeit gezeigten zu vergleichen. Die Bedeutung des QTL auf Chromosom V wird jedoch von beiden Gruppen sehr unterschiedlich diskutiert. Dennoch macht diese Entwicklung auf dem Nebengleis der *Phytophthora*-Resistenzforschung Hoffnung für die Zukunft. Bezeichnend ist das komplette Ignorieren dieser beiden molekulargenetischen Arbeiten wie der praktisch-züchterischen Ergebnisse aus der BAZ in der Argumentation von Allefs et al. (2005) trotz detaillierter Kenntnis.

Für die Nutzenanwendung in der Sortenzüchtung reichen die bisherigen Forschungsarbeiten zur Marker-gestützten Selektion auf quantitative Krautfäule-resistenz bei weitem nicht aus. Da im QTL auf Chromosom V die „Resistenz“ vor allem über die Reifezeit beeinflusst ist, werden für die Auslese von Klonen mit früher Reife und Resistenz die QTL auf Chromosom III, IV und VI favorisiert (Gebhardt & Valkonen 2001). Wegen geringen Beitrags der einzelnen Loci bedarf es der Suche nach den wenigen Kreuzungsnachkommen, die den günstigen Genotyp in diesen und weiteren QTL kombiniert enthalten. Bei Bormann et al. (2004) lag die wahrscheinliche Häufigkeit dafür in der Nikita-Population bei Einsatz von fünf Markerallelen bei 8 von 10 000 Kartoffelklonen. Simulation der Selektion einer diploiden Population, in der die QTL analysiert worden waren, ergab, dass 4 von 12 Klonen mit der richtigen Allelkombination nicht resistent genug waren; weitere 33 von 156 Klonen hatten nicht die optimale QTL-Allelkombination und würden deshalb verworfen, aber gutes Resistenzniveau in der biologischen Prüfung (Sliwka et al. 2005). Die Probleme der Diagnostik werden mit populationspezifischer Reaktion oder aus Rekombinationereignissen zwischen Markerloкус und Resistenzgen erklärt (Tan et al. 2005). Young (1999) empfiehlt für QTL-Analysen wenigstens 500 untersuchte Nachkommen je Population und sehr sorgfältige Datenerhebung. Im Material der Vorlaufzüchtung wird eine günstigere Relation erwartet. Etwa 70% der Resistenzvarianz müsste jedoch mittels Marker wenigstens erkannt werden, um eine Marker-gestützte Selektion zu verantworten, d.h. um nach dem Ergebnis der Markeranalyse die Entscheidung zu treffen, ob ein Klon ausreichend resistent ist oder wegen zu hoher Anfälligkeit verworfen werden soll. Der Zeitpunkt der Selektion auf horizontale Krautfäule-resistenz könnte dadurch in der etwa 8-jährigen Auslese von Kreuzungseltern und Sortenkandidaten vom fünften bis achten auf das zweite bis dritte Jahr vorverlegt werden, was einer Prioritätserhöhung unter den Merkmalen entspräche.

## 2.6. Stand der Forschung zur Braunfäuleresistenz und deren Nutzung

Bisher wurde in den Arbeiten mit Markern selten quantitative Braunfäuleresistenz analysiert. Resistenz am Kraut reicht jedoch nicht für einen *wesentlichen* Beitrag quantitativer Resistenz zur *Phytophthora*-Bekämpfung aus. International hat Braunfäuleresistenz als Merkmal in der Züchtungspraxis untergeordnete Bedeutung. Eine Befragung in 25 Ländern ergab, dass nur insgesamt 15 Zuchtfirmen und vier Institute Prüfungen auf Braunfäuleresistenz durchführen (Zimnoch-Guzowska & Flis 2002). Vermittelt die Erfahrung mit der Krautfäuleresistenzprüfung, dass man sich auf ein schwieriges Merkmal eingelassen hat, so trifft dies nicht weniger auf die Resistenz der Knollen zu. Dabei tauchen mehr methodisch offene Fragen auf als bei der Krautfäule. Es sind eine Reihe von Prüfungsmethoden bekannt (Jeschke 1967, Schöber 1987; Dorrance & Inglis 1998), die unterschiedliche Ergebnisse an derselben Sorte ergeben (Lapwood 1967, Durska 1975, Pietkiewicz & Jellis 1976, Darsow 2004/05a, Tabelle 5).

**Tab. 5** Vergleichende dreijährige Untersuchung der Braunfäuleresistenz von 41 Sorten mit vier Methoden<sup>1)</sup> und der Einstufung nach der Sortenliste<sup>2)</sup> (Auszug aus Darsow 2004/05a). Hier wird einheitlich die Skala 1 (hoch anfällig) bis 9 (hoch resistent) verwendet.

Sorte	Labortest	Mientest	Lagertest	Scheibentest	Sortenliste
Escort	5,2	5,7	5,9	5,2	6
Karlana	4,7	5,3	4,3	4,0	6
Anneli	4,1	5,4	4,7	6,1	7
Quarta	5,2	5,0	3,8	4,2	7
Karla	3,4	4,8	5,5	2,8	8
Sieglinde	4,6	4,9	4,0	5,1	5
Christa	4,1	4,7	4,3	4,1	6
Roxy	4,5	4,3	4,2	5,2	7
Dorisa	4,1	4,6	4,1	5,4	5
Sola	3,7	4,4	4,4	6,2	7
Granola	4,4	3,7	3,8	3,5	5
Ponto	4,3	3,9	3,3	5,5	4
Agria	3,9	4,5	2,9	4,4	7
Arkula	2,3	4,4	3,1	4,3	4
Binjtje	3,9	2,7	3,0	3,6	2
Ivetta	2,7	3,5	3,1	4,2	6
Mittelwert 41 Sorten	4,0	4,4	3,9	4,5	5,7
Grenzdifferenz	2,5	3,0	3,2	2,2	-

Erklärung: <sup>1)</sup> Beim Labortest wurden 30 unverletzte, erntefrische Knollen Mitte August durch Tauchen in Zoosporensuspension inokuliert und 15-18 Stunden bei 16-18°C und 100% Luftfeuchte inkubiert, danach bei 50-70% Luftfeuchte und gleicher Temperatur 30 Tage gelagert. Die Resistenznote wurde aus dem Befallsindex aus Anzahl befallener Knollen und deren Befallsstärke nach 8, 12 und 29-30 Tagen errechnet. Im Mientest erfolgte die Inkubation der ersten 8 Tage in einer Miete mit Erdbedeckung im Feld, im Übrigen gelten die Angaben zum Labortest. Zum Lagertest wurden die Knollen erst Mitte September geerntet, bei 6-7°C gelagert und im Januar nach oberflächlicher Verletzung in einer Siebtrommel durch Tauchen inokuliert und wie bei der Labormethode weiter behandelt. Der Scheibentest erfolgte mit Tropfinokulation ohne Wundheilung (Darsow 1987a). <sup>2)</sup> Angaben der Sortenliste wurden der beschreibenden Sortenliste des BSA von 1992 entnommen und von 1-9 auf 9-1 umgestellt, spätere Jahrgänge enthalten keine Angaben. Die Braunfäuleresistenz der Sorte Escort entspricht der Niederländischen Sortenliste von 2003.

Ursache für unterschiedliche Ergebnisse ist der Reifezustand der Knollen bei der Ernte, ihr physiologischer und morphologischer Zustand zum Zeitpunkt der Prüfung (Stewart et al. 1983, Darsow 1988) sowie die Art der Inokulation bzw. der Ort der Infektion: Wunde, Lentizelle, Auge, Nabel (Abb. 11-13, Lapwood & McKee 1961, Lapwood 1965, Deahl et al. 1974, Durska, 1975, Walmsley-Woodward & Lewis 1977). Gewebespezifische Resistenz ist möglich (Pathak & Clarke 1987). Beim Scheibentest wird ein anderer Mechanismus geprüft als beim Test ganzer Knollen (Lapwood 1967). Varianten des Tests ganzer Knollen liefern unterschiedliche Ergebnisse erntefrisch im August oder nach Lagerung im Januar. Da die relative Bedeutung der unterschiedlichen Eindringungspforten des Erregers in die Knolle im Feld mit dem Pflanzenalter (Reifezustand), den Umweltbedingungen und dem Resistenzgrad variiert

(Boyd & Henderson 1953, Lacey 1967, Lapwood 1967, 1977, Walmsley-Woodward & Lewis 1977, Darsow & Meinel 1981, Darsow 1988, Kirk et al. 2001, Gamboa et al. 2002, Darsow 2004/05a, b), und die praxisnahen Methoden wie der Test unverletzter, erntefrischer Knollen oder Feldinokulation im Damm nach Entfernen des Krautes ([www.eucablight.org](http://www.eucablight.org)) keine gute Reproduzierbarkeit im Vergleich verschiedener Jahre aufweisen und sehr arbeitsaufwendig sind, fällt die Einführung einer Prüfung auf Braunfäuleresistenz schwer. Ergebnisse eigener Untersuchungen zeigen die Dynamik des Resistenzverhaltens (Tabelle 6, Tabelle 7). Die Zunahme der Resistenz bis zum Erntezeitpunkt wird durch die Bodenfeuchte variiert.

**Tab. 6** Varianztabelle der Braunfäuleresistenz von 41 Sorten, berechnet über 3 Jahre, 3 Methoden (Labortest, Lagertest, Scheibentest). Erklärung: 1: Quadratsumme; 2: Freiheitsgrade; 3: mittlere Quadrate; 4: F-Wert errechnet; 5: F-Wert nach Tabelle, \*: signifikanter Effekt bei  $P < 0.05$

Variationsursache	SQ <sup>1</sup>	DF <sup>2</sup>	MQ <sup>3</sup>	F <sub>exp.</sub> <sup>4</sup>	F <sub>tab.</sub> <sup>5</sup>
Gesamt	423,82	368	1,15	-	-
Sorten	94,41	40	2,36*	3,87	1,54
Methoden	22,18	2	11,09*	18,18	3,05
Jahre	0,13	2	0,07	0,11	19,49
Sorten x Jahre	71,12	80	0,89*	1,46	1,36
Sorten x Methoden	85,95	80	1,07*	1,76	1,36
Jahre x Methoden	52,45	4	13,11*	21,50	2,43
Rest	97,58	160	0,61	-	-

Tabelle 6 belegt die Rolle der angewendeten Prüfungsmethode. Die Größenordnung der sortenspezifischen Wechselwirkung mit den Jahren unterstreicht, dass Standardisierung der Bedingungen nur begrenzt Sinn macht und einjährige Ergebnisse nur Selektionswert haben, wenn sie sehr negativ ausfallen. Wegen besserer Reproduzierbarkeit erfährt der Scheibentest bevorzugte Anwendung, jedoch erscheint bei beschädigungsarmer Ernte- und Lagertechnologie ein Test der Anfälligkeit des Markgewebes auf *Phytophthora*-Resistenz wenig sinnvoll (Tabelle 7), weil Mark und Rinde sich erheblich im Resistenzverhalten unterscheiden können (Pathak & Clarke 1987).

**Tab. 7** Korrelationskoeffizient für den Befallsanteil (%) über die verschiedenen Orte des Eindringens in die Knolle mit der Resistenznote von 41 Sorten entsprechend der Prüfungsmethode sowie Anzahl und Größe der Lentizellen (\*signifikant bei  $P < 0.05$ )

Methode oder Merkmal	Anteil der Infektionen via			
	Augen	Lentizellen	Nabel	Wunden
Labortest	-0,58*	0,13	0,43*	0,14
Mietentest	-0,40*	0,30	-0,09	0,07
Lagertest	-0,03	0,41*	-0,16	-0,17
Anzahl Lentizellen je Knolle	-0,06	-0,03	0,20	0,06
Größe der Lentizellen nach Ernte	-0,08	0,16	0,01	0,01

Der Test unverletzter, erntefrischer Knollen (Labortest in Tabelle 5) wird nach 30jähriger eigener Erfahrung damit vor allem dem deutschen Bundessortenamtes empfohlen (Darsow 2003a). Ähnliche Methodik wird seit Jahrzehnten in Schottland genutzt (Stewart et al. 1983).

Im Gegensatz zur Krautfäuleresistenz besteht bei der Selektion auf Braunfäuleresistenz nach eigener Erfahrung keine Gefahr der automatischen Begünstigung der Spätreife.

Parallel zu geringen Fortschritten in der Erforschung und Nutzung quantitativer Resistenz lässt sich sehr geringer Erkenntniszuwachs in der quantitativen Pathogenität feststellen (Siehe 1.1.). Von Seiten der Pathogenerforschung sind jedoch wichtige Impulse für das Verständnis und die Nutzung der Resistenz zu erwarten.

### 3. Methoden und ihre Anwendung im ILK Groß Lüsewitz

In diesem Abschnitt werden sowohl die angewandten Resistenzprüfungsmethoden als auch die Methoden der Bewertung anderer Merkmale in der Vorlaufzüchtung beschrieben.

Die im Institut für landwirtschaftliche Kulturpflanzen (ILK) der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), jetzt Julius Kühn-Institut (JKI) genannt, entwickelten und angewandten Bewertungsskalen decken in einigen Merkmalen eine größere Reaktionsbreite ab als für die Sortenbewertung üblich ist, um vorhandene Unterschiede bis zum Niveau der Wildart hin angemessen zu erfassen und züchterisch effizient zu nutzen, z.B. in der Augentiefe und in der Differenzierung später bis sehr später Reifezeit. Auch im Bereich sehr positiver Ausprägung enthalten die amtlichen Vorschriften für Resistenzbewertung der Sorten gelegentlich eine Verengung auf den Erfahrungsbereich mit Sorten, so dass ein Skalenbereich für sehr gute Resistenz ausgeblendet wird. Ein Beispiel dafür stellt Krautfäuleresistenz dar. Eine deutliche Überbewertung um fast 3 Noten ist beim BSA üblich (Darsow, 2003a). Damit werden die Anstrengungen der Zuchtfirmen in letzten Jahren nicht unterstützt. Die auch international vorliegende Verzerrung bedarf der Korrektur.

Die BAZ gab für Kreuzungspartner, die den Sortenzuchtfirmen angeboten wurden eine sehr ausführliche Beschreibung der wichtigsten 44 Merkmale. Dazu wurde bei der Sommertagung der Gruppe „Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung“ der GPZ 2005 festgestellt, dass diese Charakterisierung mit den Ergebnissen der Nachprüfung in den Zuchtfirmen weitgehend übereinstimmt.

In der Vorlaufzüchtung der BAZ hat sich zur Merkmalerfassung oder –bewertung ganz überwiegend der Gebrauch der *Noten 9-1* eingebürgert. Dabei wird die 9 bis auf seltene Ausnahmen (z. B. Knollenform längs) für die aus züchterischer Sicht günstigste, allerbeste Ausprägung des Merkmals vergeben. Dadurch kommt es bei den Resistenzbeschreibungen zu entgegengesetztem Notengebrauch wie im Bundessortenamt und deutschen Sortenkatalog. Jedoch entspricht unsere Notenanwendung dem internationalen Gebrauch, stellt Resistenz als Ziel heraus und nicht Anfälligkeit, und ist dadurch konsequenter. Bei einigen Merkmalen der Speisequalität wurde die Skala von 5-1 übernommen mit 5 als bester Ausprägung. Abweichungen von der Grundregel ergeben sich z. B. bei Verschlüsselung von Schalen- oder Blütenfarben in Noten.

#### 3.1. Krautfäuleresistenzprüfungen

Umfangreich ist die Literatur zu Methoden der Krautfäuleresistenzermittlung, die üblicherweise von Phytopathologen oder Biologen entwickelt wurden (Haussdörfer 1959a, 1959b, Hodgson 1961, Umaerus 1987, Wastie et al. 1987, Götz 1991, Dowley et al. 1999). Ihre Vertrauenswürdigkeit für Selektionsentscheidungen in der Resistenzzüchtung auf der Basis quantitativer (partieller, relativer) Resistenz wird von den wenigen Züchtern, die längere Erfahrung damit gesammelt haben, meist kritisch diskutiert. Eine wichtige Orientierungshilfe auch zur Bewertung von Methoden sind die Ergebnisse von Standardsorten. Tabelle 8 enthält Resistenzbewertungen in methodischer Empfehlung der Sektion Pathologie der EAPR (Dowley et al. 1999) in der linken Spalte. Ergänzt wurden Ergebnisse aus der BAZ aus der Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz (Feld GL), aus dem Einzelblatttest (Blatt GL) und der Knollenprüfung im Test ganzer Knollen.

**Tab. 8** Empfehlung von Standards der EAPR (Dowley et al. 1999), ergänzt durch Ergebnisse des ILK

Reife	Sorte	Resistenz am Kraut als Ergebnis von			Resistenz Knollen GL
		EAPR	Feld GL	Blatt GL	
Früh	Gloria	6	3	4	5
	Jaerla	6	3	2	-
	Eersteling	2	2	3	-
mfr.	Resy	7	6	6	4
	Tomensa	7	4	5	5
	Karlens	6	3	4	6
	Marabel	5	3	4	6
	Erntestolz	4	2	3	4

Reife	Sorte	Resistenz am Kraut als Ergebnis von			Resistenz
		EAPR	Feld GL	Blatt GL	Knollen GL
msp.	Robijn	8	6	2	-
	Irene	7	4	4	4
	Cara	6	5	4	5
	Maxilla	4	5	5	5
	Bintje	3	3	2	3

Die Tabelle 8 enthält einige der empfohlenen Standards. Die Noten der beiden ersten Spalten sind direkt vergleichbar. Der deutliche Unterschied resultiert aus methodischen Differenzen oder - richtiger - aus üblichen methodischen Fehlern. Darauf wird in den folgenden Ausführungen eingegangen (3.1.3.). In der Vorlaufzüchtung in Groß Lüsewitz seit 1964 kommen drei Methoden in unterschiedlichen Stadien der Selektion zum Einsatz.

### 3.1.1. Sämlingsselektion auf Krautfäuleresistenz

Alle Sämlinge der Vorlaufzüchtung für *Phytophthora*-Resistenz wurden dieser Behandlung unterzogen (Oertel 1972, Darsow & Oertel 1986, Darsow 2000a). Dazu bedarf es des Pikierens der Sämlinge (Abb. 14) als Zwischenstufe der Anzucht zwischen Aussaatschale (Abb. 15) und 9 cm-Topf, d.h. die Pflanzen werden 9-12 Tage nach dem Auflaufen auf gegenseitigen Abstand von etwa 3cm gepflanzt. Dieses Vereinzeln sichert gleichmäßige Pflanzenentwicklung, gleichmäßige Inokulation und sichere Zuordnung der Befallssymptome sowie das Verwerfen einzelner Pflanzen ohne Beschädigung der Nachbarpflanzen. Knapp zwei Wochen später, im Stadium 4-6 echter Laubblätter (nach den Keimblättern gebildet), erfolgt das Besprühen mit Zoosporensuspension aus 10 000-15 000 Sporangien/ml, die 2-3 Stunden im Kühlschrank bei 8°C stand. Ein Gemisch aus drei Isolaten der höchstmöglichen verfügbaren Virulenzgenkombination, etwa 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11 und 1.2.3.4.5.6.7.9.10.11, wird eingesetzt. Sofort nach der Inokulation wird für die folgenden 20 Stunden eine Temperatur von 17-22°C bei 100% Luftfeuchte sichergestellt. Die Lichtintensität reduziert sich durch Folienabdeckung auf <10% der im Freiland. Nach drei weiteren Tagen unter normalen Gewächshausbedingungen wird innerhalb von neun Stunden die Selektion vorgenommen (Abb. 16). Dabei werden Pflanzen mit Symptomstärke 9-6 (keine Symptome bis 15% befallenes Kraut) behalten, solche mit 5-1 aus der Pikierkiste entfernt (Darsow 1992b). Zusätzlich müssen Blätter mit Symptomen bei den behaltene Pflanzen entfernt werden und befallene Stängel so abgeschnitten werden, dass der Erreger mit entfernt wurde. Am folgenden Tag wird getopft. Dazu wird jede behaltene Sämlingspflanze auf Symptommfreiheit kontrolliert, falls nötig nachamputiert oder verworfen. Auch Pflanzen, deren Stängel oberhalb des untersten Nodiums abgeschnitten werden, treiben neu aus, sofern der Erreger die Stängelbasis noch nicht erreicht hatte. Fungizidbehandlung sofort nach dem Topfen und 4-5 Tage später sowie mehrmaliges Entfernen von befallenen Blättern reduziert die Ausfälle durch übersehene oder verspätet erkennbare Infektionen auf etwa 5%. Die ersten 30 Stunden nach Inokulation und ab 80 Stunden nach Inokulation bis erfolgtem Topfen sollte Wasserzuführung durch Gießen unterlassen werden, um Sporangienverteilung und ungewollte Neuinfektionen zu vermeiden. Zum Vergleich über Jahre und zwischen den Aussaatterminen eines Jahres wird eine anfällige Selbstungspopulation je Aussaattermin mit zwei bis drei Pikierkisten mitgeführt. Diese Population dient auch als anfälliger Standard in der Prüfung von Sämlingsknollen auf Braunfäuleresistenz. Sowohl die Stellfläche, auf der die mit Suspension besprühten Sämlinge bei 100% Luftfeuchte gehalten werden können, als auch die verfügbare Arbeitskapazität zum Verwerfen der zu anfälligen Pflanzen zum optimalen Zeitpunkt bestimmen den Umfang der Aussaat je Termin in wöchentlichem Abstand.

Eine methodische Untersuchung zur Prüfung des Fehlerrisikos der Sämlingsselektion ergab, dass bei einer Selektionsgrenze nahe Note 6,5 etwa 89% der nach Feldprüfung erkannten, vorhandenen Resistenzträger richtig behalten und 64% der anfälligen Sämlinge richtig verworfen wurden (Darsow 1992b). Dabei gingen 14% der im Scheibentest ausreichend gegen Braunfäule resistenten Sämlinge verloren (Darsow 1992a). Das Fehlerrisiko steigt mit der Annäherung an das Sortenniveau.

### 3.1.2. Einzelblatttest auf Krautfäuleresistenz

In der Vorlaufzüchtung wurde der Einzelblatttest Mitte bis Ende Juni an Material der Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz und im Februar an Augenstecklingspflanzen der A-Klone, Vermehrung (ab B-Klon) und des Wildmaterials angewendet. Die Ermittlung quantitativer Resistenzunterschiede war ein Ziel. Das andere Ziel bestand darin, zu suchen, ob bei den besten Klone überhaupt Sporulation gefunden wird und damit R-Genwirkung als Überempfindlichkeit ausgeschlossen werden kann, um Fehlinterpretation (R-Genwirkung statt quantitativer Resistenz) zu vermeiden. Letzteres stand bei der Prüfung im Februar im Vordergrund. Der Blatttest stellt eine einfache und alte Untersuchungsmethode dar, die im Labor ausgeführt wird, deren Ergebnis aber sehr wohl durch die Anzuchtbedingungen der Pflanzen und Virusbefall prädisponiert wird (Darsow et al. 1988, Darsow & Wulfert 1989a). Inokulation durch Besprühen mit unterschiedlicher Inokulumstärke erfasst die Infektionsresistenz (infection efficiency), Tropfinokulation die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Blattgewebe. Internationale Erfahrung ist in der methodischen Empfehlung niedergelegt, die in dem europäischen Projekt EUCABLIGHT erarbeitet wurden und unter [www.eucablight.org](http://www.eucablight.org) nachzulesen ist.

Für große Probenzahlen bewährte sich im ILK folgende Vorgehensweise. Fünf Fiedern des ersten bis zweiten voll entwickelten Blattes von verschiedenen Pflanzen, vom Vegetationskegel aus gezählt, wurden zwischen 8.00 und 11.00 Uhr gepflückt, in Prüfkästen nach Schick und Hopfe (1962) eingelegt und an der Unterseite mit einem Tropfen von 20 $\mu$  je Fieder inokuliert. Eine Mischung aus drei Isolaten, möglichst alle drei mit der Kombination 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11 für Virulenz nach hoher quantitativer Pathogenität, kam zur Anwendung. Die Suspension wurde in üblicher Weise von Knollenscheiben bereitet, durch Auszählen der Sporangien dosiert und zum Zoosporenschlupf für 2-3 Stunden in den Kühlschrank gestellt. Etwa 15 Sporangien/mm<sup>3</sup> entsprechen 90 000-120 000 Zoosporen/ml. Die Gazekästen lassen einen begrenzten Luftaustausch zu. Bei 16 Stunden Tageslänge werden 16-19°C und 75-95% Luftfeuchte eingehalten. Am Tag nach der Inokulation werden die Fiedern gewendet, nach fünf Tagen erfolgt die visuelle Schätzung der Fleckengröße und der Luftmyzelbildung mit Hilfe des Stereomikroskops (Abbildung 17, Abbildung 18). Für die Noten 9 bis 7 sind bei beiden Teilmerkmalen beide Blattseiten zu betrachten, für die Luftmyzelbildung generell beide, obwohl die Blattunterseite die wichtigere ist. Schon wenige Sporangienträger führen zu Note 8 als Zeichen für Reproduktion des Erregers und Vorliegen kompatiblen Wirt/Pathogen-Verhältnisses. Die Sporangienträger drehen sich bei leichtem Pusten wie auf Kugellagern und sind dadurch eindeutig der Gattung *Phytophthora* zuzuordnen. Da die Dichte der Sporangienträger und die Ausdehnung des Bestandes auf der Fläche zu berücksichtigen sind, gelten die Angaben in Tabelle 9 als Richtwerte. Im Notenbereich von 8 (Abbildung 19) und 7 (Abbildung 20) herrscht scharfe Abgrenzung zum gesunden Gewebe vor. Beispiele für die Noten 1, 2, 5 und 6 geben die Abbildung 21 und 22. Bakterielle Erreger können die Ausprägung überlagern. Da unterschiedlich große Fiedern in heterogenem Zuchtmaterial unvermeidlich sind, bewährt sich die Benutzung einer Schablone mit einem Ausschnitt von etwa 6 cm<sup>2</sup>, um Verzerrungen durch die Größe zu vermeiden.

**Tab. 9** Skala zur Bewertung des Befalls im Blatttest, bezogen auf 6 cm<sup>2</sup>.

Note	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Luftmyzel	0	0,5 %	4 %	10 %	30 %	55 %	75 %	87 %	97 %
Nekrotisierung	0	3 mm	9 mm	12 %	25 %	50 %	67 %	83 %	95 %

Der Mittelwert aus der Note für Luftmyzel und Nekrotisierung bildet das Maß der Resistenz. Da das Pflanzenalter, die Insertionshöhe des Blattes, Wasserversorgung, Tageslänge und die Sonnenscheindauer der vorangegangenen Tage die Resistenzreaktion z. T. kartoffelidiotypisch und isolatabhängig variieren und breites Zuchtmaterial stets unterschiedliches Entwicklungsstadium aufweist, kann nur durch mehrfache Prüfung im praxisrelevant kritischen Pflanzenalter und repräsentativen Wachstumsbedingungen für diese eine annähernd realistische Resistenzschätzung statistisch ermittelt werden (Darsow et al. 1988). Standardsorten und der einfache Satz des Testsortiments der R-Gene r, R1, R2 bis R11 nach Black (bezogen von SASA Edinburgh) werden mitgeprüft. Wir nutzen das Ergebnis zur Vorselektion bei A-Klonen und Wildmaterial sowie als Zusatzinformation zur Feldprüfung. Ein Effekt der Korrektur nach Reifezeit wurde bisher nicht untersucht.

### 3.1.3. Feldprüfung auf relative Krautfäuleresistenz

Für die Sortenprüfung wurde eine Empfehlung zur Durchführung der Feldprüfung auf relative Krautfäuleresistenz gegeben, die weitgehend der eigenen Praxis entspricht (Darsow 2003a). Inzwischen wird zu einer veränderten Berechnung des Kriteriums der Resistenz geraten (Darsow & Strahwald im Druck). Weitere methodische Aspekte dieser Prüfung wie die Inokulation, die bisherige Resistenzberechnung, Reproduzierbarkeit und Unabhängigkeit von der Reife wurden veröffentlicht (Darsow 1989, Darsow & Hansen 2004).

Der Anbau sollte an 1-2 Standorten mit viel Tau, Nebel und Regen bzw. Beregnungsmöglichkeit und Windschutz (Hanf) zur Verlängerung der Blattfeuchtedauer, gruppiert nach Reifezeit erfolgen. Bei Unterteilung in zwei Gruppen kann der erste Teil die sehr frühen bis einen Teil der mittelfrühen Klone enthalten. Die restlichen mittelfrühen bis spät reifenden Klone sollten getrennt davon auf einem zweiten Feld gepflanzt werden. Bei Punktinokulation (1-2 Blätter je Klon) jedes Prüfglieds ist die Parzellengröße wichtiger als die Wiederholungszahl. Parzellen mit 3 Reihen a 6 Pflanzen in 2 Wiederholungen erscheinen ausreichend. Die Mittelreihe wird zur Bonitur bevorzugt. Einreihige Anordnung ist sehr nachteilig.

In der frühen Gruppe erfolgt die Inokulation am 1.-5. Juli, in der späteren um den 15.-20. Juli. Dabei sollte die Tageszeit nach 20.00 Uhr bei bevorzugt regnerischer Wetterlage gewählt werden. 10-15 Kästen Knollenscheiben mit 6 Tage alter Pilzkultur dienen der Sporengewinnung. Eine Mischung aus 3 gut wüchsigen Isolatn mit Virulenz 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11 schließt bekannte R-Gene weitgehend aus und berücksichtigt unterschiedliche quantitative Faktoren der Pathogenität. Ein bis zwei bodennahe Blätter am Nordrand jeder Parzelle werden von der Unterseite mit Suspension besprüht. Sie sind am stärksten vor Sonne und Wind geschützt, dadurch wird ausreichende Dauer der Sprühtropfen bis zur Verdunstung erreicht und Infektionserfolg gesichert. Lokal kleinster Krankheitsbeginn hält die Ausbreitung länger in der Ausgangsparzelle, reduziert Nachbarschaftswirkungen und bildet durch polyzyklischen Verlauf in der Parzelle die quantitative Resistenz genauer ab als ganzflächige Ausbringung des Erregers oder Nutzung platzraubender Infektorreihen. Die Art der Inokulation und Nutzung günstiger Wetterlage einschließlich Beregnung ist wichtiger als die Dichte des Inokulums in der Suspension, 5 000-30 000 Sporangien/ml vor dem Zoosporenschlupf haben sich bewährt (Abbildung 23).

Internationale Erfahrung ist, dass meist zu wenige Beobachtungsdaten der Befallsbewertung erhoben werden. Nötig sind 2-3 Befallsschätzungen pro Woche in % befallener Fläche des Krautes (oder Noten). Unsere Skala berücksichtigt den Befall der Blattfläche und der Stängel (Tabelle 10).

**Tab. 10** Auszug aus der Umrechnungstabelle für die Befallsbewertung nach Noten 9-1 oder % Krautbefall

Note	8,6	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	-	2,0
Krautbefall (%)	0,01	1,7	4,4	9,4	16,9	26,2	35,7	45,2	-	96,4

Die üblichen Anleitungen beziehen sich auf den Befall der Blattfläche in %. In der eigenen Skala endet der Blattbefall bei Note 2-1,8, d.h. 100% Befall der Blätter wird deutlich vor dem Ende der Skala erreicht. Stängelbefall wird mit Wichtungsfaktor 5 bis 3 zur Fläche berücksichtigt. Sorgfältige Erhebung im Anfang bis 15% Befall ist wichtiger als der Unterschied zwischen 90 und 100%.

Es ist wesentlich, über lange Zeit die gleichen Standards für *Phytophthora*-Resistenz zu verwenden, weil an ihnen die Resistenzberechnung justiert werden kann. Als Standards der frühen Gruppe eignen sich Erstling (1-2), Karlana (3), Adretta (2-3), Gloria (3-4), Resy (6). In der zweiten Gruppe werden Bintje (2-3), Cara (4-5), Panda (6), Kuras (6-7), Sarpo Mira (8-9) genutzt. Eigene Zuchtklone ergänzen die Standards im hoch resistenten Bereich. Während die Standards in drei Wiederholungen zufällig gestreut sind, werden die Klone des Testsortiments (r, R1, R2 ... R11) nur in einer Wiederholung angebaut. Generell empfiehlt sich in dieser Resistenzprüfung nicht die sonst im Versuchswesen hohe Priorität der Zufallsverteilung. Sofern man Vorkenntnis vom Resistenzniveau der Prüflinge hat, ist es ratsam, stärker anfällige Klone lokal beieinander zu ordnen und resistenten möglichst resistente Nachbarn zu geben, weil dadurch verfälschende Nachbarschaftseffekte durch Sporenabflug bzw. -zuflug reduziert werden. Ein sehr anfälliger Standard kommt einreihig zwischen hoch resistenten Nachbarn zu unerwartet gutem Ergebnis, weil die erzeugten Sporen überwiegend außerhalb der Parzelle landen, aber stark verminderter Einflug von Nachbarn erfolgt.

Die Reifezeit muss aus anderen Prüfungen von wenigstens 2 Jahren mit Kommastelle berechnet werden. Der Befallsverlauf und die Reifezeit werden zur Berechnung des Resistenzkriteriums benötigt. Entsprechend den Ausführungen unter 3.1.4. wird zuerst die Fläche unter der Befallsverlaufskurve für jeden Klon berechnet und anschließend die Regression der Befallsfläche zur Reifezeit. Die Abstände des Befalls zur Regressionsgeraden stellen das Maß der Resistenz dar und werden direkt zur Selektion benutzt oder in die Notenskala 9-1 umgerechnet.

### 3.1.4. Relative Krautfäuleresistenz und Reifezeit

Krautfäulebefall ist mit Frühreife korreliert (Toxopeus 1958). Frühe Reife bedeutet kurze Vegetationszeit im Langtag. *Phytophthora*-Resistenzquellen sind in der Regel extrem spät reif. Resistente Klone aus Wildartkreuzungen und erster Rückkreuzung waren sehr spät bis mittelspät. Um Resistenz und frühere Reifezeit zu verbinden, wurde eine Resistenzberechnung aus den beobachteten Befallswerten entwickelt, die praktisch keine Korrelation zur Reife aufwies (Darsow 1989, Darsow & Hansen 2004, siehe Populationsbewertungen unter Abschnitt 8.). Durch das Herausrechnen des Reifezeiteinflusses konnten auch kleine Unterschiede erkannt und in der Auswahl neuer Kreuzungseltern berücksichtigt werden, die Zuchtfortschritt brachten. In 30 Jahren wurde bei etwa gleich bleibendem Resistenzniveau und Verbesserung in allen wichtigen Merkmalen gleichzeitig eine Reifeverbesserung um 2,4 Noten erreicht, wie in Tabelle 11 aus den angegebenen Häufigkeitsverteilungen hervorgeht.

**Tab. 11** Anteil (%) der B- bis D-Klone des ILK mit hoher Krautfäuleresistenz in der Feldprüfung in Gruppen der Reifezeit

Reife	1973-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-1998	1999-2003	2004-2006
7,5-9,0	0	0	0	0	0	1	1	1
6,5-7,4	0	0	1	0	4	7	2	8
5,5-6,4	0	0	4	1	9	14	9	24
4,5-5,4	0	3	9	4	16	20	28	33
3,5-4,4	7	9	41	34	38	30	34	22
2,5-3,4	48	85	39	57	32	27	25	12
< 2,5	45	3	6	4	1	1	1	0
<b>Reifezeit der Standardsorten</b>								
Adretta	7,0	6,8	6,7	6,7	6,8	6,7	6,6	6,6
Mariella	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,3	3,3	-

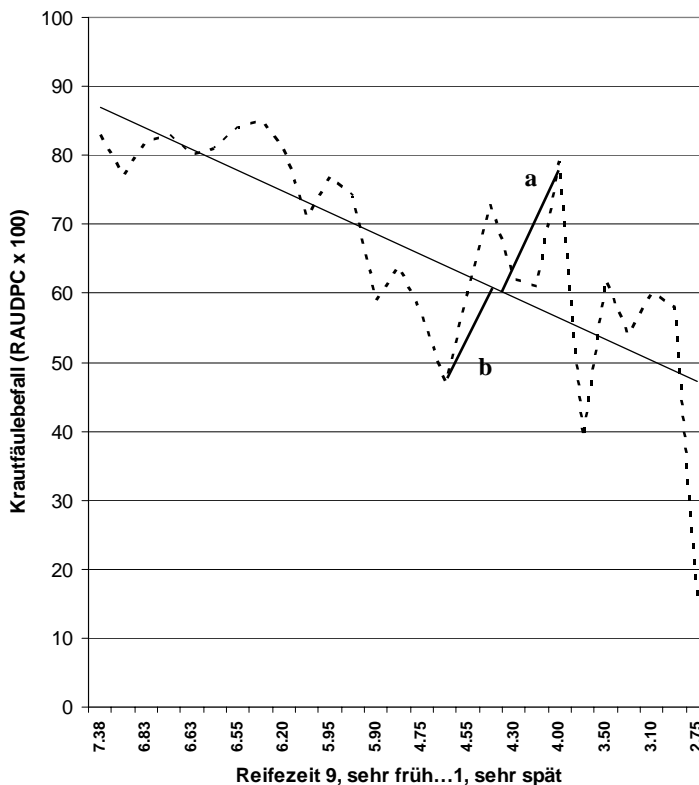
Parallel konnte die Kombination von Resistenz mit früherer Reife und Speiseeignung, Veredlungseignung oder hohem Stärkegehalt vorangetrieben werden (Darsow 1999, 2002b, 2003b, 2005a, b, 2006). Jedoch wurde die empirische Methode der Reifekorrektur von niemand anders übernommen, obwohl gezeigt werden konnte, dass die übliche Nutzung der Fläche unter der Befallsverlaufskurve der Krautfäule während der Vegetation (AUDPC) zwar einen wissenschaftlichen Anschein erweckt, aber nicht Krautfäuleresistenz, sondern nur ein Mischmerkmal abbildet und zur Selektion auf Spätreife führt (Darsow & Hansen 2004).

Eine methodische Weiterentwicklung der Krautfäuleresistenzberechnung erfolgte in Zusammenarbeit mit Josef Strahwald (Darsow & Strahwald, im Druck). In Abbildung 24 wird die relative Fläche unter der Befallsverlaufskurve RAUDPC von 27 Sorten dargestellt, geordnet nach Reifezeit. Der Wert der relativen Fläche unter der Befallsverlaufskurve (RAUDPC) wurde hier nach Multiplikation mit 100 als Abstand zur X-Achse dargestellt. In diesem Maß steckt die Summe aus eigentlicher Resistenz und dem Reifeinfluss. An der linearen Regressionsgeraden für Befall kann abgelesen werden, dass ein Wert von 50 bei einer mittelspäten Sorte (Reife 3,0) dem Befall von 85 einer frühreifen Sorte (Reife 7,0) entspricht. Unsere methodische Weiterentwicklung nutzt nicht den Abstand zur X-Achse, sondern den Abstand zur Regressionsgeraden mit der Reifezeit als das geeignete Maß für Krautfäuleresistenz. Dieses Maß kann positiv sein entsprechend dem senkrecht zur Regressionsgeraden dick eingezeichneten Abstand a für eine recht anfällige Sorte oder negativ wie beim Abstand b für eine überdurchschnittlich resistente Sorte. Damit ist das Prinzip veranschaulicht, das bisher nur in zwei Literaturangaben genutzt



wurde und am Beginn ihrer Einführung in die Praxis der Resistenzzüchtung steht. Die genetische Varianz der so berechneten Krautfäule-resistenz war mit  $h^2=0,662$  erwartungsgemäß kleiner als die der RAUDPC mit  $h^2=0,778$ . Die Berechnung über 335 Klone, die zwei- bis vierjährig von 2001-2004 untersucht wurden, ergab eine Heritabilität von  $h^2=0,768$  für die Resistenz ( $\Delta$  RAUDPC) und  $h^2=0,850$  für RAUDPC (Resistenz + Reife, Darsow & Strahwald, im Druck). Die Korrelation zwischen  $\Delta$  RAUDPC und der seit 1986 von uns empirisch berechneten Krautfäule-resistenz lag zwischen  $r=0,86$  und  $r=0,94$ . Damit ist die gute Eignung der Groß Lüsewitzer Praxis (Darsow 1989) seit mehr als 20 Jahren bestätigt.

Die Krautfäule-resistenzzüchtung hat mit dieser Methode eine verständliche, wissenschaftliche Grundlage zu zielführender Merkmalsbewertung und Selektion und damit zur Überwindung der Korrelation von Spätreife und Resistenz. In der Züchtungsforschung kann endlich die missbräuchliche Benennung Krautfäule-resistenz für das Mischmerkmal Reifezeit+Resistenz beendet werden. Quantitative Krautfäule-resistenz kann und muss mit dieser Methode selbständig definiert werden. Im Rahmen des Projekts TASK ist sie den deutschen Zuchtfirmen seit Anfang 2008 verfügbar. Die Molekulargenetik wird ihre bisherigen Ergebnisse über QTL für Resistenz und den Zusammenhang von Resistenz und Reifezeit (pleiotrope Geneffekte, enge Kopplung) korrigieren müssen.



**Abb. 24** Krautfäulebefall von 27 Sorten als relative Fläche unter der Befallsverlaufskurve (RAUDPC x 100) und dessen Regression zur Reifezeit

Für die Krautfäule-resistenzprüfung ergeben sich folgende Empfehlungen:

1. Inokulation mit maximaler Virulenz, Beregnung, Windschutz,
2. ausreichend häufige Befallsermittlung (entsprechend den im Projekt EUCABLIGHT gegebenen Empfehlungen, [www.eucablight.org](http://www.eucablight.org)),
3. Berechnung der relativen Fläche unter der Befallsverlaufskurve,

4. möglichst mehrjährige Ermittlung der Reifezeit jedes Klons in separatem Anbau,
5. Berechnung der Regression beider Merkmale zueinander, Ermittlung der Befallsabstände zur Regressionsgeraden für jeden Klon,
6. Umwandlung dieser Abstände mit Hilfe der eingebauten Standards in Noten.

### 3.2. Braunfäuleresistenzprüfungen

Braunfäuleresistenz kann nicht einfach durch Befallsermittlung im Feld festgestellt werden. In Dänemark wird jedoch eine Methode angewendet, die dafür das Kraut frei von Krautfäule hält. Nach Entfernen des Krautes werden die (gesunden) Knollen anschließend im unberührten Damm durch Einspülen von Suspension in den Damm inokuliert ([www.eucabligh.org](http://www.eucabligh.org)). Unterschiede in der Ausreifung der Knollen und Fungizideffekte an den Knollen sollten weitgehend vermieden werden.

In der europäischen Kartoffelzüchtung liegt überwiegend nur geringe oder keine Erfahrung mit der Resistenzprüfung von Knollen vor. In der Vorlaufzüchtung der BAZ auf *Phytophthora*-Resistenz hatte Braunfäuleresistenz von Anfang an gleichen Rang wie Krautfäuleresistenz. Im Ergebnis der methodischen Untersuchungen werden drei Methoden der Knollenprüfung für die Züchtung angewendet, die verschiedene Komponenten der Resistenz ansprechen und sich im Selektionseffekt gegenseitig ergänzen.

#### 3.2.1. Test von Topfknollen auf Braunfäuleresistenz

Dieser Test wird im ILK Groß Lüsewitz bei sämtlichen Sämlingen der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz und in der Untersuchung von Wildarten und kultivierten Arten der Genbank GLKS seit Ende der 1960er Jahre angewendet (Oertel 1972, Darsow 2000b).

Die Knollenernte eines Topfes wird eingetütet und beschriftet, sofern nicht Mängel in äußeren Knollenmerkmalen zum Wegwerfen führen. Nach Lagerung bei 4-6°C wird Mitte Dezember die größte Knolle zur Auspflanzung reserviert und bis vier der restlichen Knollen zur Braunfäuleresistenzprüfung in den Prüfungskasten perlchnurartig eingelegt. Dabei wird Buch geführt über die Klon-Nr. und die Lage und Anzahl der Knollen im Prüfungskasten. Unmittelbar vor der Inokulation durch Eintauchen der Knolle in Suspension wird am Nabel, bei relativ großen Knollen an Nabel und Krone, eine 4-5 mm starke Kappe quer zur Längsachse der Knolle abgeschnitten (Abbildung 25). Dem Erreger ist es möglich, durch die Schnittwunde, Augen oder Lentizellen einzudringen. Die Suspension wird aus einem Gemisch von drei Isolaten mit jeweils möglichst der Virulenzgenkombination 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11 bereitet und je nach zu erwartendem Resistenzniveau auf 7000-20 000 Sporangien/ml eingestellt. Nach etwa 100 Knollen wird die Suspension erneuert (~ 300 ml). Im Gazekasten auf feuchtem Filterpapier entwickelt sich die Braunfäule 6 Tage bei 80-95% Luftfeuchte und 16-18°C (Abbildung 26). Bewertet wird sowohl die oberflächliche Luftmyzelbildung auf der Schnittfläche (Abbildung 27), an Augen und Lentizellen als auch die äußerlich und im Anschnitt erkennbare Gewebenekrotisierung oder Verbräunung mit Note 9 (keine Symptome) bis 1 (95-100% der Fläche dicht von Luftmyzel bedeckt oder das Knollengewebe ganz vom Erreger besiedelt). Unterschiede in der Knollengröße erfordern flexible Anpassung des Bewertungsmaßstabs der Noten 9-1, bei Wildarten häufiger als bei Sämlingen. Bei der Luftmyzelbildung trifft die für den Scheibentest angegebene Skala grob zu. Nekrotisierung 8 und 7 setzen sich scharf vom gesunden Gewebe ab und unterscheiden sich quantitativ, Note 6 entspricht, im Anschnitt der Längsachse der Knolle folgend, eher kräftiger, begrenzter Verbräunung der oberen 5-6 mm unter dem Inokulationschnitt oder an anderen Eintrittspforten. Die Abbildungen 28 und 29 erklären die Verbräunungsstufen. Knollen einer Standardpopulation werden bei jedem Prüfungstermin mit untersucht und ermöglichen den Vergleich der Prüfungen eines Jahres wie zwischen den Jahren und dienen als Kontrolle. Saubere Pilzkultur auf Knollenscheiben bewährter Sorten reduziert Ausfälle einzelner Knollen durch nasse Fäule. Überwachsen durch *Rhizoctonia solani* stört.

Dem Test von Topfknollen haftet größere Unsicherheit an als der Prüfung von Feldaufwuchs, jedoch bewährt sich die sehr frühe Möglichkeit des Verwerfens von zu anfälligen Genotypen aus ökonomischer Sicht und aus dem Bestreben, der Selektion auf *Phytophthora*-Resistenz die höchste Priorität einzuräumen. Im Ergebnis dieser Prüfung wird eine zusätzliche Reduzierung des Zuchtmaterials um 40% erreicht. Mit einem Verlustrisiko von 14% der nach Scheibentest ausreichend guten Träger von Braunfäuleresistenz muss nach unseren Untersuchungen gerechnet werden (Darsow 1992b). Zwei Drittel

der zu Braunfäule-anfälligen Genotypen werden mit dieser Methode bereits als Sämling eliminiert. Das ist eine Bilanz, die der Vorlaufzüchtung nützt. Jedoch muss bewusst bleiben, dass das Fehlerrisiko sich mit der Distanz zur Resistenzquelle bzw. mit kleiner werdendem Anteil der genetischen Varianz an der Gesamtvarianz der Sämlingspopulationen vergrößert.

### 3.2.2. Scheibentest auf Braunfäuleresistenz

Mit dem Test wird die Abwehrkraft des Knollenmarks unmittelbar nach Wundsetzung geprüft. Eine Reihe prädisponierender Faktoren wurde untersucht (Darsow 1986, 1987a, b, 1988, Darsow & Wulfert 1989b). Gegenüber zurückliegenden Jahrzehnten hat dieser Test für uns etwas an Bedeutung verloren (Abbildung 30).

Zwei Proben mit je 4 Knollen werden ab A-Klon im November bis Dezember im Abstand von 2-3 Wochen untersucht. Einzelstauden werden mit einer Probe von 1-4 Knollen getestet. Zuvor lagerten die Proben bei 6-8°C. Quer zur Längsachse der Knolle werden zwei 11 mm dicke Scheiben aus jeder Knolle geschnitten und in schon beschriebene Prüfungskästen gelegt. Inokuliert wird durch einen Tropfen von 20µ in die Mitte der Scheibe. Zu jedem der beiden Termine kommen zwei Suspensionen unterschiedlicher Dichte parallel bei je einer der beiden Scheiben je Knolle zum Einsatz,  $10^4$  und  $2,5 \times 10^3$  Sporangien ml<sup>-1</sup>. Die Suspension besteht wie bei den anderen Prüfungen aus einem Gemisch von drei Isolaten mit jeweils möglichst der Virulenzkombination 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11. Am folgenden Tag werden die Scheiben umgedreht. Bis zur Bewertung des Befalls sechs Tage nach Inokulation werden die Kästen bei 16-17°C und 75-100% Luftfeuchte dunkel gehalten. Als Teilmerkmale werden das Ausmaß der oberflächlichen und im Anschnitt erkennbaren Verbräunung (ihr Flächenanteil) sowie die Ausdehnung und Dichte des Luftmyzels erfasst (Tabelle 12). Die geringste zweifelsfrei erkennbare Spur von Sporangienträgern (Luftmyzelbildung Note 8) wird nur bei schräg einfallendem Licht erkannt. Luftmyzel wird an der nicht inokulierten Oberseite der Scheiben bonitiert. Da es als Ausschlusskriterium für mögliche Überempfindlichkeit gilt, wird bei Klonen mit Note 9 auch die inokulierte Scheibenunterseite observiert. Bei der Verbräunung spielt neben der flächigen Ausdehnung die Art der Nekrotisierung eine wichtige Rolle. Die Noten 8 bis 6 sind durch scharf begrenzte, braune bis dunkelbraune Flecken und festes Gewebe gekennzeichnet. Dagegen zeichnen sich die Noten 4-1 durch äußerlich erkennbare Bräunung mit fließendem Übergang zum gesunden Gewebe aus, der nekrotisierte Bereich ist teilweise weich und feucht. Note 5 zeigt relativ geringe bzw. oft keine Bräunung, ist jedoch im Anschnitt weicher als nicht infiziertes Gewebe bei ausgeprägter Luftmyzelbildung. Während früher an zwei Terminen bonitiert und ein Index daraus gerechnet wurde, wird nun der Mittelwert beider Noten als Maß der Resistenz verwendet.

**Tab. 12** Skala zur Bewertung des Befalls im Scheibentest

Note	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Luftmyzel	0	0,5 %	4 %	12 %	36 %	55 %	75 %	87 %	97 %
Verbräunung	0	4 mm	12 mm	15 %	25 %	45 %	67 %	83 %	97 %

Standardsorten werden bei jedem Termin mitgeprüft. Im Vergleich der Ergebnisse mehrerer Jahre wurden Korrelationskoeffizienten um  $r = 0,6$  festgestellt. Die Grenzdifferenz für die Unterscheidung der Klone lag meist bei 1,7 Noten.

Wichtig ist, dass die %-Werte für mittlere Knollengröße gelten und eigentlich feste Maße in mm ersetzen. Bei abweichend großen oder kleinen Knollen ist die mittlere Scheibengröße zu denken und der Maßstab anzupassen. Eine Untersuchung zur Senkung des methodischen Fehlers im Scheibentest durch Messen statt Schätzen brachte keinen Gewinn in der Unterscheidbarkeit der Genotypen wegen des fließenden Übergangs der Flecken ins gesunde Gewebe und der unregelmäßigen Formen, jedoch den Nachteil des 3- bis 5fachen Zeitaufwandes (Darsow 1991).

### 3.2.3. Test ertefrischer, unverletzter Knollen auf relative Braunfäuleresistenz

In diesem Test (Darsow 1983a) kommt die Resistenz der Schale als natürliche Barriere zur Wirkung, wobei kleine Unterschiede in der Schalenfestigkeit innerhalb einer Reifegruppe hingenommen werden müssen. Größere Unterschiede werden durch die Gruppierung nach Reife vermieden. Da eine schnelle

Inokulation nach der Ernte sichergestellt werden muss (Stewart et al., 1983), erfordert diese Prüfung einen auf den Zweck abgestellten Anbau von sechs Pflanzen je Sorte und Wiederholung. Das Kraut wird ab Ende Juni nur mit Kontaktfungiziden von Krautfäule freigehalten. Eine Zweiteilung des Materials sicherte in der Vorlaufzüchtung bisher, dass der vorgesehene Arbeitsablauf so eingehalten werden konnte, dass die Inokulation spätestens am Tag nach der Ernte durchgeführt wurde. Gegebenenfalls sind drei Gruppen (sehr früh bis früh reifende Klone, mittelfrühe, mittelspäte bis späte) und demzufolge drei Erntetermine zu bevorzugen. Bei zwei Gruppen lagen die Erntetermine bisher um den 10. und 25. August. Die Pilzkultur auf Knollenscheiben muss terminlich darauf abgestimmt sein und gelingt besser auf vorjährigen als auf frisch geernteten Knollen.

Die Knollen jedes Klons werden in Netzbeutel gesammelt und darin gewaschen. Bei sehr trockenen Erntebedingungen kann das Waschen für alle Proben unterbleiben. Da gewaschene Knollen auch in eigenen Versuchen z. T. anfälliger reagierten, muss das Waschen für jeden Termin generell entschieden werden (Clulow et al. 1995). Je Sorte und Wiederholung werden 2 x 30 gesunde, nicht verletzte, nicht grüne, nicht deformierte Knollen am Erntetag ausgesucht. Am gleichen oder am folgenden Tag wird die Suspension parallel auf 300-500 Sporangien/ml und 1000-1200 Sporangien/ml eingestellt. Je nach Vegetationsbedingungen wird die Stärke um bis 25% variiert. Nach Zoosporenschlupf in zwei Stunden bei 8°C werden die Proben durch Tauchen inokuliert. Von jedem Klon und jeder Wiederholung wird je eine Probe in je eine der beiden Inokulumdichten getaucht. Nach jeweils 10 Proben wird die Suspension durch neue ersetzt (6 l). Anschließend werden die Proben bei 15-17°C etwa 18 Stunden bei 100% Luftfeuchte gehalten, danach bei 15-17°C in offenen Schalen dunkel gelagert. Sorgfältiges Abtrocknen der Knollen nach der feuchten Phase und Einhaltung der Temperatur begrenzen das Durchschlagen von Nassfäule. Parallele Prüfung mit den unterschiedlich starken Suspensionen erwies sich als wesentlich günstiger als zwei Wiederholungen mit der gleichen Suspension, weil dadurch eine bessere Anpassung an das durch die Vegetationsbedingungen vorgeprägte Resistenzniveau des Jahres möglich ist und eine bessere Unterscheidung erzielt wird. Zwei bis drei Wiederholungen sind wünschenswert.

Inokuliert wurde mit einem Gemisch von Isolaten höchstmöglicher Virulenzgenkombination, z. B. 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11, mit hoher Aggressivität bzw. unspezifischer Pathogenität (Abbildung 31). Verunreinigung des Inokulums durch *Erwinia* oder *Fusarium* sind zu vermeiden.

Der Befall wird nach 7-8 Tagen, 10-11 Tagen (Abbildung 32) und etwa 4 Wochen erfasst (Abbildung 33). Dabei wird der Befall jeder Knolle quantitativ den Noten 1-9 zuordnen, 1 bedeutet hier frei von Symptomen, 9 entspricht 95-100% vom Pilz oberflächlich und/oder an der Schnittfläche erkennbar durchwachsenes Knollengewebe. Knollen mit Note 1-3 bleiben beim ersten und zweiten Termin in der Schale, ab Note 4 wird aufgeschrieben und weggeworfen. Bei jedem Termin wird das Produkt aus (Anzahl Knollen x Note 4) + (Anzahl x Note 5) + (Anzahl x Note 6) + ... + (Anzahl x Note 9) summiert. Die errechnete Summe für den 8. Tag wird verdoppelt, die Summen für den 11. und 28. Tag werden dazugezählt. Die erhaltenen Summen oder Wertzahlen werden mit Hilfe einer Umrechnungstabelle in Noten 9-1 übersetzt. Mitgeprüfte Standards zeigen, ob die höchste Summe (Wertzahl) gleich Note 1, sehr hoch anfällig, gesetzt werden kann. Dann wird eine passende Umrechnung vorgenommen wie in Tabelle 13 mit 415 für Note 1,0.

**Tab. 13** Umsetzung der Wertzahl in Noten der Braunfäuleresistenz im Test erntefrischer Knollen – Auszug aus einer Tabelle, bei der Wertzahl 415 sehr hoher Anfälligkeit entspricht.

Wertzahl	30	40	50-51	65-67	80-83	130-34	183-88	239-44	300-08	378-85
Note	9	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0

Als Standards werden in der frühen Gruppe Erstling, Gloria, Karlena, Marabel und Klone der BAZ benutzt, in der späten Gruppe Bintje, Maxilla, Kuras und Klone der BAZ. Resistenz drückt sich in Befallsfreiheit oder kleiner Zahl braunfauler Knollen mit verzögertem bzw. begrenztem Wachstum des Erregers aus (Abbildung 34).

### 3.3. Methoden der Qualitätsprüfung

#### 3.3.1. Neigung zur Schwarzfleckigkeit

Schwarz-, Grau- oder Blaufleckigkeit stehen für das Phänomen einer Farbveränderung, die eintritt, wenn Zellmembranen die Kompartimentierung in der Zelle nicht aufrechterhalten. Ursache können Stöße auf das Gewebe sein wie sie bei der Auslagerung und Sortierung vorkommen. Dieser Qualitätsmangel ist der Knolle äußerlich nicht anzusehen, verursacht jedoch erhebliche Abgänge bei der Schälung bis zur Nichteignung als Speiserohware bzw. zur Veredlung.

10-20 unverletzte Knollen werden nach der Ernte als Probe je Zuchtklon abgenommen und mindestens 3 Wochen bei 4°C gelagert. Direkt aus dem Kaltlager kommend, werden die Knollen in einem Kasten mit Eisenstäben als Boden 45 Sekunden Stößen entgegen der Erdanziehung ausgesetzt, die durch Umwandlung der Drehbewegung in eine exzentrische Auf- und Abbewegung entstehen. Der Antrieb erfolgt elektrisch. Nach dem Stoßen lagern die Proben etwa 48 Stunden bei 17-20°C, werden dann manuell geschält und bis 2,5 Stunden später visuell auf den oberflächlich verfärbten Anteil bewertet (Tabelle 14).

**Tab. 14** Skala zur Bewertung des Schwarzfleckigkeit

Note	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Anteil schwarzfleckig (%)	0	2 %	6 %	13 %	28 %	55 %	70 %	85 %	95 %

Abbildung 35 gewährt einen Blick auf Proben eines Termins unmittelbar vor der Bewertung. Abbildung 36 illustriert mehrere Noten. Einige Klone verfärben schwach grau, andere schwarz. Auch die Fleischfarbe variiert den visuellen Eindruck gleicher Schwarzfleckigkeit. Einfaches Durchschneiden ungeschälter Knollen gibt eine deutlich gröbere Unterscheidung und insgesamt günstigere Einstufung.

#### 3.3.2. Eignung zur Chipsherstellung

Die Ermittlung der Chipseignung erfolgt in einer spezifischen technologischen Prüfung mit zwei bis drei Personen direkt aus wenigstens 3-4monatiger Kaltlagerung bei 4°C im Februar. Je Probe werden 5 Knollen gewaschen, je Knolle drei etwa gleichgroße Scheiben von 1,2-1,3 mm Dicke mit dem Chipschneider abgehobelt. Unter fließendem Wasser werden Zellreste und freie Stärkekörner abgespült. 12 Scheiben je Probe werden in 180°C heißes Pflanzenfett gegeben und gebacken, bis in der Mitte kein weißer Punkt mehr zu sehen ist. Dann werden die Scheiben aus dem Fett genommen, abtropfen lassen, auf einen Teller gegeben. Starke Falten- oder Blasenbildung wird notiert. Für die Notenvergabe werden Referenzproben aufgehoben, die sich wie folgt beschreiben lassen: 1: schwarz, 2: dunkelbraun, 3: fleckig braun, 4: fleckig uneinheitlich graubraun, 5: leicht dunkel, uneinheitlich, fleckig, 6: leicht uneinheitlich hellbraun, 7: überwiegend einheitlich gelb, 8: sortentypisch kräftig, einheitlich hell, 9: sortentypisch leuchtend, fleckenlos hell. Die Oberfläche soll glatt bleiben, der Geschmack gut sein, die Konsistenz fest, leicht feucht und einheitlich. Note  $\geq 7$  gilt als Zuchtziel (Abbildung 37).

#### 3.3.3. Eignung zur Erzeugung von Pommes frites

Zur Herstellung von Pommes frites werden 4 mittelgroße bis große Knollen gewaschen, in Stäbe mit quadratischer Grundfläche von 10x10 mm mit einem Pommesschneider geschnitten, von denen die Schale an Nabel- und Kronenende entfernt wird. Die Gewebestäbe werden 1-2 Minuten unter fließendem Wasser abgespült (Abbildung 38), oberflächlich abgetrocknet und fünf Minuten bei 90°C im Wasserbad blanchiert (Abbildung 39). Abgetropft wird die Probe drei Minuten in Pflanzenfett bei 180°C vorfrittiert (Abbildung 40). Nach Abkühlung folgt wiederholt Frittieren bei 180°C für zwei Minuten. Danach werden Farbgebung und bei den besten Proben Form, Geruch und Geschmack beurteilt (Abbildung 41).

In Anlehnung an das Karlsruher Schema der Bewertung wird die Benotung vorgenommen:

1. völlig verfärbt, Kanten schwarz,
2. stark einseitig verfärbt, Kanten überwiegend schwarz, sehr uneinheitlich
3. einseitig verfärbt, Kanten schwarz-braun, sehr uneinheitlich,

4. stark verblasst, stark dunkel, grau, braun, stark glasig, überwiegend uneinheitlich, Kanten meist dunkelbraun,
5. matt, blass, dunkel, stumpf, glasig, streifig, Kanten braun,
6. leicht dunkel, leicht glasig, Kanten meist dunkler,
7. gelb-gelbbraun, rötlichgelb, überwiegend einheitlich, leicht dunklere Kanten.
8. kräftig gelb, einheitlich,
9. leuchtend goldgelb, einheitlich.

Die Gewebestäbe sollen in der Form nicht verändert sein, im Geruch und Geschmack nicht anstößig. Sie sollen außen knusprig, innen mehlig-trocken bis leicht feucht-saftig sein. Diese Kriterien wurden bei den besten Proben zusätzlich festgehalten.

### 3.3.4. Speiseeignung

Speisewertprüfung erfolgt im November bis Februar an Proben aus der Leistungsprüfung, die am Vortag aus dem Lager bei 4°C geholt wurden, durch Kochen der geschälten mittelgroßen, unverletzten, gesunden und nicht vergrüneten Kartoffeln in Wasser bis zur Gare (20-30 Minuten). Jeweils 6 Proben mit je 5-6 Knollen werden in einem Durchgang gleichzeitig gekocht und anschließend in fünf Merkmalen individuell mit Noten 1-5 von 3-4 Personen bewertet, 24 Proben am Vormittag. Jede Probe gelangt auf einen Teller. Als erstes wird das Aussehen nach dem Kochen benotet (5: sehr gut, homogene Färbung, nicht glasig, nicht verfärbt; 4: gut, fast ausgeglichene Beschaffenheit, etwas ungleichmäßige Farbe, kann aufgesprungen sein, nicht glasig; 3: ausreichend, ungleichmäßige Farbe des Knollengewebes, geringe Kochverfärbung, etwas zerkocht; 2: nicht ausreichend, unausgeglichene Beschaffenheit, ungleichmäßige Farbe des Knollengewebes, mittelstarke Kochverfärbung, stark zerkochte Knollen, nicht zu feucht; 1: schlecht, stark verfärbt, breiig). Abbildung 42 zeigt negative Beispiele. Dann übernimmt jeder Prüfer eine Knolle auf seinen Teller und benotet den Grad des Zerkochens (5: glatte Oberfläche, 4: gering aufgesprungen, 3: stark aufgesprungen, mittel zerkochte Oberfläche, 2: Form der Knolle noch erkennbar, 1: Knolle total zerkocht, Abbildung 43). Die Konsistenz der gekochten Knolle beschreibt die Gewebefestigkeit und wird durch Einstechen einer Gabel gefühlt (Abbildung 44, Note 5: gleichmäßig fest, 4: etwas fest, 3: locker, 2: weich, 1: lockere Oberfläche und sehr fester Kern). Zungenprobe und Augenschein entscheiden den Grad der Mehligkeit (5: nicht mehlig, 4: etwas mehlig, 3: mehlig, 2: ziemlich mehlig, 1: sehr mehlig). Nach Essen eines kleinen Teils einer Kartoffel ergibt sich der Geschmack (5: sehr guter Kartoffelgeschmack, arteigen, ausgewogen, mild, nicht sehr nass, nicht sehr trocken; 4: typischer Kartoffelgeschmack, gut; 3: arteigen, leichter Beigeschmack, leicht süß, sehr trocken, verdirbt kein Gericht; 2: fremd, fade, süß, bitter nass, streng; 1: widerlich, unangenehm, dumpfig, schlecht). Mit Weißbrot und Selters wird der Geschmack vor der nächsten Probe neutralisiert. Zwei Sekundärparameter werden berechnet, der Kochtyp und der Speisewert. Der Kochtyp kennzeichnet das sortenspezifische Verhalten beim Kochprozess und wird abgeleitet aus der Summe von (Note für Zerkochen x 100) + (Note für Konsistenz x 100) + (Note für Mehligkeit x 100). Summen < 940 bedeuten Kochtyp D (stark zerkochend), 940-1079 beschreiben Kochtyp C (mehlig, aufplattend), 1080-1149 Kochtyp B/C (wenig aufplattend, noch mehlig), 1150-1219 Kochtyp B (Übergang zum fest kochenden Typ), >1220 Kochtyp A, fest kochend, nicht aufplattend, nicht mehlig. Als zweite Rechengröße beschreibt der Speisewert die spezifische Eignung von gekochten Kartoffeln für den Einsatz in Küchen. Er berücksichtigt Aussehen nach dem Kochen, Geschmack und Kochverfärbung, indem die Note für das Aussehen x 100 mit den Summen aus Geschmack x 150 und Kochverfärbung x 40 addiert wird. In der vorliegenden Darstellung wurde der Speisewert nicht in seinem Rechenergebnis dargestellt, sondern in die Notenskala 9-1 transformiert, wobei 9 die bestmögliche Ausprägung bedeutet (Tabelle 15).

**Tab. 15** Auszug aus der Tabelle zur Umrechnung der Speisewertzahl von 265-1485 in Noten 1-9

Speisewert	<330	540-54	675-87	800-09	900-09	1000-12	1130-44	1285-1304
Note	1	2	3	4	5	6	7	8

Ein im Zusammenhang mit dem Speisewert stehendes Merkmal ist die Kochdunklung oder Kochverfärbung, die als Einzelprüfung in Serie zwischen Dezember und Februar durchgeführt wird. Unverletzte, nicht grüne Knollen aus abgereiftem Anbau werden gar gekocht, heiß gepellt und in Längshälften mit der Schnittfläche nach unten auf einen Teller gelegt, 4 Knollen je Zuchtstamm. Die Bonitur der Verfärbung erfolgt nach 5 und 15-20 Stunden, wobei der Mittelwert aus beiden die Endnote darstellt. Referenzproben sichern gleich bleibenden Maßstab bei der Bewertung von 9-1.

### 3.4. Weitere Resistenzprüfungen

#### 3.4.1. Virusresistenz

Aus der Ernte der A-Klone wurden je 10 Pflanzknollen zum Anbau am BAZ-Standort Aschersleben, ab 2007 in Quedlinburg reserviert. Sehr weitgehend von PLRV, PVY, PVA, PVX, PVM freies Pflanzgut wird drei Jahre hintereinander in so genannter Abbauanlage bei hoher Dichte der Blattlauspopulationen ohne Wiederholungen nachgebaut. In der Randreihe werden zusätzlich Infektionsquellen etabliert. Auf Insektizide wird verzichtet, solange eine Behandlung gegen Kartoffelkäfer nicht nötig erscheint. Der Befall mit Viruskrankheiten wird gegen Ende der Vegetation visuell erfasst. Ein Nachbau des zweiten und dritten Jahres wird an 10 bzw. 20 Augenstecklingen (Abbildung 45) durch Testung mit ELISA (Abbildung 46) untersucht. Standardsorten in 5-facher Wiederholung mit z. T. spezifischer Resistenz erlauben eine gute Einschätzung der jeweiligen Prüfungsjahre, der Resistenz einzelner Klone und der Veränderung der Viren zueinander über Jahrzehnte.

Für die Kreuzungsplanung in der Vorlaufzüchtung wird daraus die Grenze der Tolerierbarkeit der hohen Virusanfälligkeit einiger Sorten mit sehr guten Qualitätseigenschaften abgeleitet bzw. Kombinationen mit zu hoher Virusanfälligkeit vermieden. Erfolgreiche Nutzung von Wildarten erfordert am Anfang Kreuzungspartner mit allerhöchster Virusresistenz. Die Dynamik der Veränderung des Virusspektrums erfordert diese Prüfung als Daueraufgabe.

#### 3.4.2. Nematodenresistenz

Die Resistenzprüfung wurde durch das Landespflanzenenschutzamt M-V in Rostock (jetzt Abt. Pflanzenschutzdienst im Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei, M-V) von Dr. Kruse durchgeführt. Auf Resistenz gegen *Globodera pallida* (Stone) wurde mit den Populationen „Kalle“ für Pa2 und „Delmsen“ (ab 2006 „Chavornay“) für Pa3 mit Verseuchungsdichten von etwa 2000 Larven je 100cm<sup>3</sup> Boden im Gewächshaus in 7 cm-Töpfen untersucht. Standards waren die Sorten Grata, Tanja, Darwina. Die Zystenzahl je Topfballen wurde ausgezählt, bis zu 7 Zysten werteten wir als noch resistent. Für die Prüfung mit *Globodera rostochiensis* gelten ähnliche Bedingungen, eine Zyste je Topfballen wurde bei Ro1 noch als resistent gezählt, bei Ro2, Ro3 und Ro5 bis zu 7 Zysten. Standardsorten waren Grata, Quarta und Ponto.

### 3.5. Weitere Merkmale, die während der Vegetation auf dem Feld bewertet wurden

Der Pflanztermin ist festzuhalten. Das Auflaufdatum kann durch wiederholte Beobachtung in etwa 4-tägigem Abstand ermittelt werden. Gleichmäßigkeit des Auflaufens (Note 9-1) erfasst die Ausgeglichenheit visuell und ordnet das Erscheinungsbild Noten zu, wobei sich das Auflaufen der 15 Pflanzen einer Parzelle für Note 9 etwa innerhalb von 2-3 Tagen ereignet, bei Note 8 über 4 Tage hinzieht, Note 7 über 5-6, Note 5 über 8-9, Note 4 über 10-11, Note 3 über 12-14, Note 2 über 16-18Tage und Note 1 noch länger. Diese Spannen können je nach Jahr länger oder kürzer sein.

Jugendentwicklung (9-1) beschreibt die Zügigkeit des Wachstums in der Jugend und wird etwa 3 Wochen nach dem Aufgang unter dem Gesichtspunkt der erreichten Bodenbedeckung beurteilt. Note 9 bedeutet sehr schnellwüchsig, Note 5 mittlere Wüchsigkeit, Note 1 extrem langsames Wachstum. Zu erfassen ist auch die Anzahl aufgelaufener Pflanzen. Während der Blüte ist die Krautentwicklung (9-1) zu bewerten, wobei 9 sehr große Krautmasse bedeutet und Note 1 fast kein Kraut. Reiche Krautentwicklung bewirkt gute Bodenbedeckung und Beikrautunterdrückung, jedoch geht eine Krautmasse, die Noten 8 oder 9 entspricht weit über das Optimum für hohen Ertrag hinaus. Als Standards erhielten folgende Sorten im Mittel der Jahre folgende Noten: Karlena 6, Marabel 4,5, Agria 5, Jelly 6. Die Blütenfarben wurden den Noten 1-9 fest zugeordnet, jedoch lassen sich weitere feine Unterschiede finden. In der Vorlaufzüchtung wurde die Notenverschlüsselung nicht benutzt. Für die Blühintensität (9-1) ist der mögliche

Spielraum durch Erfahrung zu erlernen und den Noten 9 (sehr reich blühend) bis 1 (nicht blühend) zuzuordnen. Standardsorten geben eine Orientierung. Auch hier erfordert die individuelle Entwicklung wie für die vorher genannten Merkmale mehrmalige Beobachtungsdaten in jeder Vegetation. Selektierbarkeit auf Virusbefall (9-1) kann nur von jemandem bewertet werden, der ausreichend Erfahrung im frühen Erkennen von Symptomen der Viruskrankheiten hat. Da diese Symptome recht verschieden sind, kann das Arbeitsziel nicht einfach erklärt werden. Note 9 bedeutet sehr leicht erkennbar, Note 1 nicht erkennbar. Am schwierigsten erscheint der mittlere Bereich, wobei Note 4 für Dihaploide noch zu tolerieren ist, bei tetraploidem Material aber unterhalb der Selektionsgrenze liegt, also vermieden werden sollte. Der Anteil (%) von Pflanzen, die Rhizoctonia-Wipfelrollen zeigen, und von schwarzbeinigen Stauden (Ursache *Erwinia carotovora* ssp. u. a.) ist über die ganze Vegetation zu erfassen. Die Wuchshöhe der Pflanzen (9-1) wird ausgangs der Blüte visuell festgestellt, wobei sehr hoch, >110 cm, der Note 9 entspricht, Note 2 10-15 cm, Note 1 1-5 cm. Für die Standfestigkeit (9-1) gibt es nur verbale Orientierung von sehr standfest (9) über mittel (5) bis Note 1, nur liegende Stängel. Bewertet wird durch mehrmalige Beobachtung in der Phase voll ausgebildeter Krautmasse bis zu beginnender Reife, nach stärkerem Wind. Die Selektionsschwelle liegt bei Note 4. Das Merkmal nimmt Einfluss auf die Ertragsicherheit und Feuchte-begünstigte Infektionen des Krautes.

Blatttyp (Note 1) und Stängeltyp (Note 5) stellen die Extreme des Wuchstyps dar. Die Zwischenstufe Blatt-/Stängeltyp (Note 3) kommt im Zuchtmaterial am häufigsten vor. Standard Karlena entspricht Note 2,5-3, Marabel 2,5, Agria 2,5, Kuras 3, Sarpo Mira 4. Die Reifezeit der tetraploiden und dihaploiden *Phytophthora*-resistenten Klone der Leistungsprüfung wurde 2006 mit drei verschiedenen Methoden ermittelt: Benotung des Verlaufs der Krautvergilbung, Tage von der Pflanzung bis zum Absterben des Krautes, Tage vom Auflaufen bis zum Absterben. Die Reifebewertung nach Verlauf der Vergilbung braucht wie die anderen Methoden mehrere Beobachtungstermine. Anhand der Vergilbung der Standardsorten werden je zwei günstigste Termine im Abstand von 5-10 Tagen für sehr früh - früh, mittelfrüh und den Rest gefunden, die eine gute Differenzierung innerhalb der Gruppe erlauben. Als Standards können folgende Sorten gelten: Solist mit Note 8,5; Marabel 7,5; Karlena 6,8-7,0; Likaria 5-5,5; Agria 4,0-4,4; Jelly 3,0-3,2; Kuras 2,6-2,7.

Eine andere Möglichkeit ist eine Einstufung der Reifezeit nach Tagen vom Pflanztermin bis zum Absterben der Pflanzen. Die Richtwerte für die Reifegruppierung sind folgende: sehr früh bis 110 Tage, früh 110-129 Tage, mittelfrüh 125-145 Tage, mittelspät 140-170 Tage, spät 165-185 Tage, sehr spät >185 Tage. Diese Reifegruppierung scheint einfacher zu sein. Sie unterliegt jedoch noch stärkeren Jahresschwankungen als die Benotung der Vergilbung und enthält Fehler infolge Absterbens aus anderen Ursachen. Eine dritte einfache Möglichkeit der Reifebewertung besteht in der Zählung der Tage vom Auflaufen bis zum Absterben des Krautes. Diese erfordert den größten Zeitaufwand. In 2006 hatte Marabel 76 Vegetationstage, Karlena 82, Adretta 91, Agria 87, Steffi 101, Jelly 109, Kuras 131. Beide „objektiven“ Methoden der Tageszählung erfordern höheren Zeitaufwand, korrelierten untereinander (0,51 tetraploid bzw. 0,96 dihaploid) ähnlich wie mit der Benotung (-0,43; -0,68; -0,75; -0,76). Dabei schließt die Tageszählung alle übrigen Ursachen des Absterbens als Fehler ein, die ein geübter Boniteur bei Bewertung der Vergilbung korrigierend berücksichtigen kann.

Unterschiede im Welkegrad am frühen Nachmittag oder kümmerliches Krautwachstum bei anhaltender Trockenheit ab Mitte Mai wurden als Zeichen geringer Trockentoleranz bewertet. Es gab im Laufe von Jahrzehnten am Standort Groß Lüsewitz selten geeignete klimatische Bedingungen dafür, 2006 war eine solche. Eine andere war die Vegetation 2004 in Aschersleben. Eine leicht nachvollziehbare Bewertungsskala kann dafür nicht gegeben werden. Entscheidend ist der sichere Ausschluss biotischer oder anderer Ursachen.

Befall mit Alternaria und Botrytis wurde nach anfangs getrennter Erfassung wegen häufig gemeinsamen Befalls zusammenfassend benotet, weil die Unterscheidung bei ineinander fließenden Symptomen im Jahr 2006 zu schwierig war (Abbildungen 47-50). Sowohl *Alternaria solani* als auch *Alternaria alternata* kommen als Erreger in Betracht (Hausladen 2006). Es fand die Skala für Kraufäulebefall Anwendung.

### 3.6. Weitere Merkmalsbewertungen an den Knollen

Einortige Ertragsermittlung über 4 Jahre erfolgt durch Wägung an A-Klonen und aus der folgenden dreijährigen Leistungsprüfung und wird in g je Pflanze festgehalten. Anschließend wird die Knollenzahl festgestellt, das Einzelknollengewicht je Pflanze und die Knollenzahl je Pflanze werden daraus errechnet.



Der Gesamteindruck der Knollen umfasst alle äußeren Merkmale der Knolle einschließlich der Größe und Ausgeglichenheit und deutlich erkennbare Krankheitsauswirkung. Note 9 entspricht dem Ideal, Note 1 ist für das negative Extrem reserviert. Guter Eindruck entspricht Note 7, eine 6 sollte von Speisekartoffeln und Veredlungsware wenigstens erreicht werden. Note 5 reicht für Stärkekartoffeln aus, 4 oder 3 werden bei Nachkommen aus Artkreuzungen, BC1 und BC2 oft vergeben. Die Einstufung kann nicht einfach beschrieben werden, sie muss erlernt werden. Die Ausgeglichenheit der Knollen eines Klons erfasst den Anteil an Marktware in der Partie, auch die Variabilität der Größe darin. Für die Vorlaufzüchtung genügt diese schnelle visuelle Bewertung anstelle der Fraktionierung und anteiligen Gewichtsermittlung. Note 9 wird für sehr einheitliche Größe im Marktwarebereich gegeben. Note 5 gilt in der Vorlaufzüchtung als zufrieden stellender Wert. Bei Wildmaterial und bis zur BC1 werden nur Noten von 1-3 erreicht.

Zwar wird das mittlere Knollengewicht pro Pflanze errechnet, dennoch wird auf die visuelle Schätzung der Knollengröße nicht verzichtet. Die Skala 9-1 beschreibt sehr groß bis winzig. Für Feldaufwuchs wird die Skala anders abgestuft als für Material aus Gewächshausanzucht. Bekannte Standardsorten dienen dazu, den Maßstab einzüben.

Folgende Verschlüsselung der Schalenfarbe (9-1) wird benutzt: weiß (9), hellocker (8), ocker (7), graubraun (6), hellrot (5), rot (4), dunkelrot (3), hellblau (2), violett (1). Eigenheiten wie rote Augen, blaue Augen, blaue oder rote Flecken auf ockerfarbiger Schale werden zusätzlich aufgenommen. Die Schalenbeschaffenheit betrifft das Aussehen und Anfühlen der Knollenschale, beide Sinne werden zur Bewertung herangezogen. Note 1 bedeutet sehr schalenrissig, Note 2 schalenrissig, 3: schuppig, 4: sehr rau (Abbildung 51), 5: genetzt (Abbildung 52). Netzartige Schalenmuster können auch mit rauer oder sehr rauer Schalenoberfläche kombiniert auftreten. Note 6 wird für raue Schale vergeben, 7 ist etwas rau, 8 glatt (Abbildung 53) und 9 sehr glatt.

Unter Formmangel (9-1) werden negative Aspekte der klonspezifischen Knollenform erfasst wie kantig, verdrückt, platt, birnig. Note 9 weist ideale Form längs und quer auf ohne Mängel an Nabel (7-9) und Augen (7-9). Etwa 5-10% der Knollen können bei Note 8 etwas birnig oder geringfügig platt oder kantig sein. Bei Note 7 erscheinen bis 15% etwas birnig und bis 20% etwas kantig. Note 6 erlaubt 20% mäßig birnig und 30% etwas kantig. Note 5 zeigt 30% birnig, 30% mäßig kantig oder 50% wenig kantig. Eine Probe mit 40% birnigen Knollen und 40% mittelstark kantigen oder 70% mäßig kantigen Knollen erhält Note 4. 67% bzw. 85% stark birnige und stark kantige Knollen erhalten Note 3 bzw. 2. Extrem verformte Knollen erhalten Note 1.

Als Trennungsgewebe gilt dem Nabel der Knolle besondere Aufmerksamkeit. Seine Ausbildung wird mit 9-1 bewertet. Note 9: Der Nabel ist nicht zu erkennen. Bei 8 wird der Nabel an 80% der Knollen nicht gefunden. Ist der Nabel ohne Vorsprung oder Nabelkuhle, aber erkennbar, wird Note 7 vergeben. Der Nabel springt bei 30% der Knollen etwas vor oder eine Nabelkuhle ist angedeutet: Note 6. Kleine Nabelstutzen bei 40% der Knollen oder gleicher Anteil kleiner Nabelkuhle passt zu Note 5. Nabelstutzen bei 70% der Knollen oder 50% mit mittlerer Nabelkuhle oder Kombination 40/25% erhalten Note 5. Note 4 entspricht etwa 100 % Nabelstutzen oder 50% Knollen mit mittlerer Nabelkuhle oder 70/25% Nabelstutzen/Nabelkuhle (Abbildung 54). Die Note 3 wird bei 100% Stutzen oder 70% Knollen mit mittlerer Nabelkuhle oder 50/35% vergeben, Note 2 bedeutet starke Nabelstutzen und 85% mittlere bis tiefe Nabelkuhle. Das negative Extrem erhält Note 1.

Knollenform längs: Folgende Notenvergabe ist üblich: Note 9 für nierenförmig, 8 sehr lang, 7 lang, 6 langoval, 5 oval, 4 rundoval, 3 rund, 2 queroval, 1 ellipsenförmig. Die Knollenform quer wird in Richtung der Längsachse der Knolle beurteilt. Ideal ist eine im Querschnitt runde, also voll ausgefüllte Form (Note 9). Note 6 gilt schon als etwas platt, 4 als platt. Note 1 wäre extrem platt und wurde bisher gelegentlich bei Wildartklonen gesehen. Schalenfestigkeit: Note 9 steht für sehr fest, 5 leicht abzuschleiben, 3 stark losschalig, 1 beschreibt vollständigen Verlust der Schale. Die Lentizellenzahl wurde von 9, keine, bis 1, sehr viele, bewertet, die Lentizellengröße von 9, nicht erkennbar, bis 1, sehr groß (Abbildung 55). Beide Merkmale wurden nur für weitergehende Auswertungen ermittelt, nicht in der normalen Vorlaufzüchtung. Augentiefe ist ein Merkmal, das Einfluss auf den Schälabfall und damit auf den nutzbaren Anteil der Rohware Kartoffel für Speise und Veredlung hat. Sie spielt schon bei der Selektion von Sämlingen eine Rolle. Note 3 gilt als tief. Note 5 ist mittlere Augentiefe, 7 flach, bei 9 erkennt man keine Vertiefung um die Augen (Abbildung 56).

Die Keimruhe wird an Proben der Leistungsprüfung bewertet, die nur für diesen Zweck nach der Ernte reserviert und bis Januar kalt und dunkel gelagert wurden, dann bei etwa 15°C bis zu einem Zeitpunkt dunkel gehalten wurden, bei dem nur ganz wenige keimten und Standardsorten ihr typisches Verhalten zeigten. Keimruhe 9 bezeichnet sehr tiefe, d.h. lang anhaltende Ruhe, während Note 1 zum Zeitpunkt der Bewertung sehr lange Keime hatte (Abbildung 57). Klone mit Keimruhe 1 werden bereits bei der Ernte erkannt und verworfen. Eine feste Vorgabe in cm müsste jährlich umgeschrieben werden, jedoch dienen die Standardsorten als Referenzproben mit deren Hilfe vor Beginn der Bonitierung Beispiele für die Noten 8-3 gesucht werden. Die Rohverfärbung ermittelt das Grau- bis Schwarzwerden des Kartoffelgewebes nach Entfernen der Schale. Die Untersuchung im Rahmen der Leistungsprüfung erfolgt im Januar durch Ausstanzen von zwei Gewebezylindern in Längsrichtung von vier mittelgroßen bis großen Knollen jedes Zuchtstamms mittels Korkbohrer. Die visuelle Bewertung wird nach 5 und 18-24 Stunden Inkubation bei 80-90% Luftfeuchte vorgenommen und der Mittelwert errechnet. Bei Beginn der Bewertung werden Muster für jede Note von 9, nicht verfärbt, bis 1, schwarz, als Referenzproben herausgesucht (Abbildung 58).

Der Anteil Knollen mit äußeren und inneren Knollenmängeln wie Rissigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit (Abbildung 59) oder Zwiewuchs und Kindelbildung wurde bei der Ernteaufbereitung der Leistungsprüfung in (%) an der Ernte von 15 Stauden geschätzt. Befall des Ernteguts mit Schorf (Abbildung 60), Rhizoctonia-Pocken und der Anteil mit Rhizoctonia-Deformation wird mit einer Note bewertet (Tabelle 16). Dabei wird neben der Knollenzahl die Befallsstärke der einzelnen Knollen berücksichtigt, die Abweichungen von der Skala begründet.

**Tab 16** Skala zur Bewertung des Befalls mit Schorf, *Rhizoctonia*-Pocken

Note	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Anteil Befall (% Knollen)	0	0,1-1	3	6	15	33	67	83	97

## 4. Resistenzquellen und deren Nutzung in der Vorlaufzüchtung

### 4.1. Untersuchung des Groß Lüsewitzer Kartoffelsortiments GLKS auf Kraut- und Braunfäuleresistenz im ILK

Die Genbank GLKS des Institutes für Pflanzenzüchtung, des späteren Institutes für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz, wurde 1992 dem IPK Gatersleben zugeordnet (Rothacker et al. 1991). Im Jahre 2000 befanden sich darin 141 Wildarten und 9 kultivierte *Solanum*-Arten neben 2690 Sorten der Kulturkartoffel (Schüler et al. 2000).

Überempfindlichkeitsresistenz (**R-Gene**) wurde in *S. clarum*, *S. brachistotrichum*, *S. cardiophyllum*, *S. ehrenbergii*, *S. lanciforme*, *S. sambucinum*, *S. trifidum*, *S. pinnatisectum*, *S. agrimifolium*, *S. columbianum*, *S. oxycarpum*, *S. huancabambense*, *S. piurae*, *S. demissum*, *S. hougassii*, *S. iopetalum*, *S. brachycarpum*, *S. hjertingii*, *S. polytrichon*, *S. stoloniferum*, *S. ajuscoense*, *S. antipoviczii*, *S. longipedicellatum*, *S. tlaxacalense*, *S. polydenum*, *S. lesteri*, *S. andreanum*, *S. chiquidenum* nachgewiesen (Jeschke u. Rothacker 1968). Ihre praktische Nutzung in der Sortenzüchtung blieb bisher weltweit auf wenige Quellen vorwiegend aus *S. demissum* beschränkt (Toxopeus 1964).

Untersuchungen auf **quantitative** (relative) *Phytophthora*-Resistenz in dieser Genbank begannen in den 1960er Jahren an Blättern. Dabei zeigten mexikanische Sammelmuster die geographisch stärkste Häufung resistenter Idiotypen. Aus Nordperu bzw. Ecuador stammende Muster von *S. chomatophilum*, *S. huancabambense* und *S. piurae* hatten Anteile resistenter Pflanzen wie auch *S. columbianum* und *S. andreanum* aus Kolumbien/Venezuela und *S. chiquidenum* aus Peru. Seit 1967 wurde das Material des GLKS systematisch auf relative Braunfäuleresistenz im Test von Topfknollen untersucht (Tabelle 17). Die Bewertung an Knollen liegt in anderen Genbanken nur bei einem kleinen Teil des Materials vor.

**Tab. 17** Braunfäuleresistenz im Sortiment wilder und kultivierter *Solanum*-Arten nach 25 Jahren Prüfung ( $B_K$  = Braunfäuleresistenz im Knöllchentest)

Subsectio nach Bukasov	Zahl der Arten mit folgenden % Herkünfte mit mittlerer $B_K > 6,5$						
	0	0,1-10	10,1-20	20,1-30	30,1-45	45,1-60	>60
Stellatum	3	1	1	1	0	1	5
Arcticum	8	1	2	2	2	0	0
Orientalis	8	1	0	0	0	0	0
Andinum	72	1	1	0	0	0	2
Pazificum	4	0	0	2	0	0	0

Die für die Vorlaufzüchtung zuständige Gruppe von ILK der BAZ führt seit jeher die Prüfung des Genbankmaterials durch (Abbildung 25). Während in 95 Arten keine Herkunft mit guter Resistenz zu finden war, trat gute Resistenz bei 8 Arten in sehr geringem Anteil auf, bei 7 Arten in mittlerer Häufigkeit und bei 13 Arten in mehr als 45% ihrer Herkünfte. Die Relationen haben sich bis heute durch fortgeführte Prüfung nur wenig verändert. Bei Wildarten, deren Knollenwachstum und -reife in einer längeren Trockenperiode abläuft, ist die Kombination mäßiger Krautfäuleresistenz mit Anfälligkeit der Knollen als Ergebnis der Evolution nahe liegend. Es gibt jedoch keinen Grund, aus solchen Biotopen Resistenzquellen für Europa auszulesen, nur um „neue“ Quellen zu nutzen. Der reiche Fundus kombinierter quantitativer Resistenz an Kraut und Knollen, vor allem mittelamerikanischer Herkunft, sollte ausreichende genetische Diversität an Resistenzgenen für die Zukunft enthalten. Für die Vorlaufzüchtung wäre ein wesentlicher Fortschritt erreicht, wenn Verschiedenheit von Polygenen für Resistenz molekular-genetisch festgestellt werden könnte.

Untersuchungen auf quantitative Krautfäuleresistenz anhand des Einzelblatttests berücksichtigt Tabelle 18 beim Stand von 2001, wobei nur ein Mittelwert je Herkunft von Note  $\geq 8,0$  in der Skala 9-1 als sehr resistent ausgewiesen wurde (Darsow et al. 2002). In den Arten *S. bulbocastanum*, *S. cardiophyllum*, *S. circaeifolium*, *S. pinnatisectum*, *S. trifidum*, *S. demissum* (Abb. 8), *S. hougasii*, *S. polytrichon* und *S. stoloniferum* besteht die höchste Wahrscheinlichkeit, Klone mit sehr hoher Resistenz an Kraut und Knollen zu finden. Bei *S. berthaultii* und *S. chacoense* wurde nur Resistenz des Krautes gefunden. Dagegen zeigten *S. acaule* und *S. leptophyes* Resistenz ausschließlich an den Knollen. Sowohl innerhalb jeder Art wie auch jeder Herkunft trat erhebliche Variabilität im Niveau der Resistenz/Anfälligkeit auf. Insbesondere die Charakterisierung des Niveaus der relativen Krautfäuleresistenz ist in Zukunft verstärkt fortzuführen.

**Tab. 18** *Phytophthora*-Resistenz (Note  $\geq 8,0$ ) von *Solanum*-Arten in der Genbank Groß Lüsewitz (GLKS)

Series nach Hawkes (1990)	Krautfäuleresistenz		Braunfäuleresistenz	
	Anzahl geprüfter Herkünfte	Anzahl Arten mit hoch resistenten Herkünften	Anzahl geprüfter Herkünfte	Anzahl Arten mit hoch resistenten Herkünften
Acaulia	37	0	62	1
Bulbocastana	8	1	29	2
Circaeifolia	4	2	7	1
Commersoniana	10	0	20	1
Conicibaccata	12	1	16	0
Cuneolata	3	0	4	0
Demissa	152	2	190	3
Etuberosa	1	0	-	-
Lignicaulia	1	0	1	0
Longipedicellata	96	3	131	4
Megistacroloba	29	0	83	0
Morelliformia	0	-	1	0

Series nach Hawkes (1990)	Krautfäuleresistenz		Braunfäuleresistenz	
	Anzahl geprüfter Herkünfte	Anzahl Arten mit hoch resistenten Herkünften	Anzahl geprüfter Herkünfte	Anzahl Arten mit hoch resistenten Herkünften
Pinnatisecta	26	0	64	5
Piruana	2	2	1	0
Polyadenia	6	0	7	0
Tuberosa kultiviert	508	0	1453	0
Tuberosa wild	113	3	338	4
Yungasensa	62	0	107	0
Summe	1074	14	2514	21

Etwa im Abstand von 10 Jahren wird jede durch Samen vermehrbare Herkunft in der Genbank ausgesät, um durch wechselseitige Bestäubung innerhalb einer Minipopulation frische Samen zur Erhaltung und für auswärtige Nutzer zu erzeugen. Drei Knollen jedes dieser Sämlinge wurden auf Braunfäuleresistenz untersucht. Bei Vorliegen von 100 Daten (100 verschiedenen Genotypen) wird eine Herkunft als ausreichend geprüft angesehen. Die Genbank bewahrt jedoch einzelne Wildartklone nicht auf, sofern das jeweilige Sammelmuster (Herkunft) Samen bildet, sondern Samen der Herkunft der untersuchten Klone werden gelagert. Die vorliegenden Daten für einzelne Merkmale gelten für einzelne Samen, Pflanzen oder Knollen derselben Herkunft als statistische Orientierung mit gewisser Wahrscheinlichkeit. Jeder Nutzer muss erneut mit der Suche nach resistenten Pflanzen in der Samenprobe beginnen. Vor Ort in Groß Lüsewitz kann die untersuchende Gruppe jedoch Restknollen der besten Einzelklone jedes Jahrgangs direkt für die Vorlaufzüchtung nutzen, ein strategischer Synergieeffekt, der für die Fortführung der Züchtungsforschung zu Kartoffeln am Standort Groß Lüsewitz spricht und von Prof. Schick 1949 so organisiert worden ist.

#### 4.2. Auswahl von *Phytophthora*-Resistenzquellen im ILK

Der Prüfung von Sämlingen der Genbank GLKS schloss sich die Knollenbestellung der resistentesten Wildartklone an, um in 1-2 weiteren Prüfungsjahren bei Kultur im Gewächshaus und Anbau auf dem Krautfäuleresistenzprüfungsfeld sowohl die Kraut- und Braunfäuleresistenz statistisch genauer zu ermitteln als auch andere Merkmale wie Knollengröße, Virusbefall, Augentiefe u. a. zu erfassen. Nur die besten Klone wurden als potentielle Resistenzquellen ins Kreuzungsprogramm übernommen. Selbst erzeugte Sämlinge aus Artkreuzungen von Wildarten untereinander oder mit Kulturkartoffeln unterliegen dem gleichen Prüfungsschema, während ab BC1 (1. Rückkreuzung) nur die Sämlinge im Gewächshaus kultiviert werden. Für den Abschnitt von 1984 – 1999 teilt Tabelle 19 den Umfang der Untersuchungen mit. Bis zu 1400 „wilde“ Klone wurden jährlich auf Braunfäuleresistenz untersucht. Schon Mitte der 1970er Jahre wurde mit der Erschließung weiterer Resistenzquellen begonnen, ab 1998 verringerte sich diese Aktivität zugunsten des fortgeschrittenen Zuchtmaterials BC4 und BC5 (4. und 5. Rückkreuzung) und spezieller Untersuchungen.

Die beiden letzten Spalten verzeichnen Kreuzungsnachkommen aus der Vorlaufzüchtung, die außerhalb der Genbank im Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz und ab 1992 in der BAZ erfolgte. Häufig diente ein Züchtungsschritt innerhalb einer Wildart oder zwischen zwei Wildarten (Abbildung 9) bestimmter Merkmalsverbesserung.

**Tab. 19** Untersuchung wilder und kultivierter *Solanum*-Arten des GLKS und eigener Artkreuzungen auf Braunfäuleresistenz (Darsow & Hinze 1991b, Darsow 2000a)

Jahr der Prüfung	Zahl untersuchter			Klone aus Kreuzungen	
	Wildarten	Herkünfte	Wild-Klone	von 2 Arten	von 3 Arten
1984	53	291	506	560	167
1985	44	189	342	636	135
1986	56	171	259	348	87

Jahr der Prüfung	Zahl untersuchter		Klone aus Kreuzungen		
	Wildarten	Herkünfte	Wild-Klone	von 2 Arten	von 3 Arten
1987	49	171	249	207	46
1988	42	129	175	575	50
1989	38	157	236	493	61
1990	44	188	319	422	79
1991	35	142	351	487	94
1992	24	63	286	413	107
1993	70	95	281	316	53
1994	37	67	377	264	114
1995	27	98	304	298	146
1996	37	72	360	325	139
1997	18	84	203	282	151
1998	40	91	293	248	133
1999	21	60	190	219	-

Bei mehr als 60 *Solanum*-Arten wurde in der Literatur relative Krautfäuleresistenz beschrieben, wir fanden jedoch nur bei 18 Arten ausreichende Resistenz der Knollen (Darsow & Hinze 1991a). Demzufolge erscheinen folgende Arten als *Phytophthora*-Resistenzquellen von geringerem Wert: *S. tuberosum* ssp. *andigena*, *S. andreanum*, *S. berthaultii*, *S. boliviense*, *S. capsicibaccatum*, *S. columbianum*, *S. chomatophilum*, *S. curtilobum*, *S. guerreroense*, *S. iopetalum*, *S. marinasense*, *S. microdontum*, *S. multidissectum*, *S. multiinterruptum*, *S. oplocense*, *S. oxycarpum*, *S. phureja*, *S. polyadenium*, *S. semidemissum*, *S. sparsipilum*, *S. spegazzinii*, *S. sucrose*, *S. stenotomum*, *S. tarijense*, *S. vallis-mexici*, *S. venturii*, *S. vernei*, *S. verrucosum*, *S. yungasense* (Darsow 2000b). Vorwiegend mittelamerikanische Arten fanden zur Entwicklung von Resistenzvererbern unser Interesse: *S. brachistotrichum*, *S. brevicaulis*, *S. bulbocastanum*, *S. cardiophyllum*, *S. chiquidenum*, *S. demissum*, *S. x edinense*, *S. fendleri*, *S. hjertingii*, *S. hougasii*, *S. jamesii*, *S. morelliforme*, *S. papita*, *S. pinnatisectum*, *S. polytrichon*, *S. x sambucinum*, *S. stoloniferum*, *S. trifidum* (Darsow et al. 1994, 1996, 1997, 2002, Darsow 1993, 1995, 2000b, Thieme et al. 1997).

In Tabelle 19 handelt es sich in der letzten Spalte um Kreuzungen wie (*S. demissum* x *S. verrucosum*) x *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* oder (*S. demissum* x *S. tuberosum* ssp. *andigena*) x *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*. Sowohl auf die Vielfalt der Arten wie auch auf die Nutzung der genetischen Diversität innerhalb der Arten in Form der Herkünfte wurde bei der Erschließung potentieller Resistenzquellen Wert gelegt.

#### 4.3 Nutzung von Wildarten in der Vorlaufzüchtung bei Kartoffeln auf *Phytophthora*-Resistenz im ILK Groß Lüsewitz:

Im Jahre 1964 wurden spezielle Züchtungsarbeiten auf der Basis relativer, quantitativer *Phytophthora*-Resistenz getrennt von der Sortenzüchtung begonnen. Als neue Quellen dienten *Solanum demissum* Nr. 1947, Reddick 52.20.154 und Pl 160.227, die mit Sorten gekreuzt wurden. Die Nachkommen wurden mehrjährig im Gewächshaus und Feldanbau auf *Phytophthora*-Resistenz an Kraut und Knollen sowie auf eine Vielzahl weiterer Merkmale untersucht. Nur die besten wurden als Eltern mit Sorten in Rückkreuzungen eingesetzt (Abbildungen 61-64). Diese Vorgehensweise wurde bis zur dritten Rückkreuzung wiederholt, um die Leistungs- und Kulturmerkmale ans Sortenniveau heranzuführen (Abbildung 65). Dabei zeigte sich, dass das Resistenzniveau schneller abfiel als die Kulturmerkmale insgesamt verbessert wurden. Es musste auf Kreuzungen resistent x resistent umgestellt werden. Neue, andere Resistenzquellen wurden zur Kombination gesucht. Eignung als Bestäuber erwies sich dabei als Engpass. Daraufhin wurden in *S. stoloniferum*, das für Pollensterilität auf *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* bekannt ist, am Anfang pollenfertile *Phytophthora*-resistente Klone gesucht und gefunden, um den Engpass fehlender männlicher Fertilität bei den Klonen der ersten bis dritten Rückkreuzung (BC1-BC3) aus *S. demissum* zu überwinden. Abbildung 66 zeigt einen solchen resistenten Klon.

Resistenzprüfung bei Wildarten und deren mehrjährige Selektion auch auf weitere Merkmale führte zur Auslese einer Vielzahl potentieller Resistenzquellen. Am Beispiel der Art *Solanum demissum* (Abbildung 8) wird die Bedeutung anderer Merkmale bei der Auslese von Resistenzquellen deutlich (Tabelle 20).

**Tab. 20** Auslese von Klonen von *Solanum demissum* im Gewächshaus als Quellen für *Phytophthora*-Resistenz

Jahr	Anzahl untersuchter		Anteil (%) verworfener Klone wegen		
	Herkünfte	Klone	Anfälligkeit gegen Kraut- und Braunfäule	Befalls durch Virose	Knollengröße
1983	132	446	27,1	4,3	23,4
1984	104	113	21,2	10,6	19,5
1985	60	126	15,7	20,6	37,5
1986	22	62	1,6	83,9	22,6
1987	12	18	0	83,3	33,3
1988	3	5	0	20,0	40,0

Bei *S. demissum* wurden mehr Klone nach anderen Merkmalen als nach *Phytophthora*-Anfälligkeit verworfen (Darsow 1995, Darsow & Schüler 1998). Entscheidend für die Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Resistenzübertragung ist Minimierung der negativen „Wildmerkmale“ wie lange Stolonen (Abbildung 5), sehr späte Reife, sehr hohe Virusanfälligkeit, sehr geringer Ertrag, schlechte Qualität u. a. Virusbefall ist nicht nur ein wesentlicher Grund des Verwerfens unter Klonen der Wildarten, sondern auch noch in F1 und BC1, wie Tabelle 21 zeigt.

**Tab. 21** Anzahl hoch mit PLRV bzw. PVY befallener/vorhandener Klone zur Kreuzung, selektiert aus Artkreuzung bzw. Fusion (F1) mit Kulturkartoffeln, erster bzw. zweiter Rückkreuzung (BC1, BC2). Virusbefall wurde erst ab 50-80% und 81-100% befallener Pflanzen eines Klons ausgewiesen. Die Artnamen stehen in üblicher Abkürzung.

Art	F1		BC1				BC2					
	PLRV		PVY		PLRV		PVY		PLRV		PVY	
	50-80 %	81-100 %	50-80 %	81-100 %	50-80 %	81-100 %	50-80 %	81-100 %	50-80 %	81-100 %	50-80 %	81-100 %
ber	0/6	0/6	0/6	5/6	0/2	0/2	0/2	1/2	-	-	-	-
blb	0/5	0/5	2/5	2/5	0/7	0/7	2/7	3/7	1/10	0/10	4/10	3/10
brc	0/3	0/3	1/3	2/3	0/1	0/1	0/1	1/1	-	-	-	-
crc	0/1	0/1	0/1	1/1	0/6	0/6	2/6	2/6	0/10	0/10	4/10	3/10
dms	0/7	1/7	1/7	4/7	0/14	0/14	1/14	1/14	0/8	0/8	1/8	2/8
dms adg	0/3	0/3	1/3	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
dms plt	0/2	0/2	0/2	0/2	0/4	0/4	0/4	0/4	0/3	0/3	0/3	0/3
dms sto	2/6	0/6	1/6	1/6	1/11	0/11	2/11	0/11	0/5	0/5	0/5	0/5
dms ver	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2
oka	1/1	0/1	0/1	1/1	0/8	0/8	0/8	6/8	0/13	0/13	2/13	1/13
pta	0/1	0/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1	1/10	-	-	-	-

Die Angaben in Tabelle 21 stammen aus verschiedenen Jahren. Wegen drastischer Auswirkung auf Wachstum und Blühdauer der Pflanzen sowie der Gefahr der Weiterverbreitung der Virose stellt die Nutzung hoch virusresistenter Kreuzungspartner am Anfang des Zuchtweges eine wesentliche Hilfe dar.

Von 141 Wildkartoffelarten, die im Katalog der Groß Lüsewitzer Genbank verzeichnet sind, fanden bisher insgesamt 197 Herkünften aus 42 Arten Eingang in die Vorlaufzüchtung im ILK Groß Lüsewitz durch Samenerzeugung aus Wildartkreuzungen. Von einer Herkunft wurden meist mehrere verschiedene Genotypen als Resistenzquelle gekreuzt. Nur ein Teil dieser potentiellen Quellen wird oder wurde über

BC2 hinausgeführt. Die reiche Auswahl ermöglicht den Vergleich untereinander und strenge Selektion. Wegen hoher Virusanfälligkeit, unzureichender Kraut- oder Braunfäuleresistenz, Fertilitätsproblemen, auch negativer Kombinationseignung gelangte ein großer Teil der Wildklone nicht in die Abstammung erfolgreicher Resistenzvererber. Der Umfang des Transfers genetischer Ressourcen zu *Phytophthora*-Resistenz ist nirgendwo größer. Wichtig ist, bei jedem Kreuzungsschritt von der Wildart an, den auf der jeweiligen Zuchtstufe sinnvollen maximalen Beitrag hinsichtlich der Merkmalskombination zu leisten. Der ganze Weg bis zur neuen Sorte muss optimiert werden, um Erfolg zu haben. Vom Ende her denken lautet das Erfolgsprinzip der Vorlaufzüchtung mit quantitativer Resistenz.

Bis 1992 wurde folgende Anzahl verschiedener Herkünfte der jeweiligen Arten ins Kreuzungsprogramm aufgenommen: 24 Herkünfte von *S. demissum*, 10 von *S. stoloniferum*, eine von *S. papita*, eine von *S. verrucosum*, eine von *S. hougasii*, eine von *S. hjertingii*, eine von *S. fendleri*, eine von *S. tarijense*, eine von *S. chancayense*, zwei von *S. mochiquirense*, drei von *S. toralapanum*, eine von *S. tuquerrense*, zwei von *S. bulbocastanum*, drei von *S. tuberosum ssp. andigena* (Darsow 1993). Die Aufzählung enthält auch Linien, die aus verschiedenen Gründen später nicht weiter genutzt wurden.

In Tabelle 22 wurden die wichtigsten von uns genutzten Wildarten in ihrem Bearbeitungsumfang und die 1994 erreichte Züchtungsstufe dargestellt (Darsow 1995). Die Zahl genutzter Idiotypen beinhaltet die Anzahl verschiedener Klone einer Art, die wenigstens dreijährig auf *Phytophthora*-Resistenz untersucht worden war. Der Anteil an Geschwisterkreuzungen zeigt das Bemühen um Akkumulation von Resistenzgenen bei Vorhandensein weiblicher und männlicher Fertilität (Abbildung 67). Mit *S. demissum* waren zu diesem Zeitpunkt 18 verschiedene Arten gekreuzt worden, mit *S. stoloniferum* 19.

**Tab. 22** Vielfalt der für die *Phytophthora*-Resistenzzüchtung bis 1995 genutzten Wildarten und ihr Züchtungsstand im ILK Groß Lüsewitz (BC6 = 6. Rückkreuzung, 18 Artkreuzungen = 18 verschiedene Artkombinationen)

Wildart	Zahl der genutzten		Art der Kreuzung		
	Herkünfte	Idiotypen	Rückkreuzungen	Geschwisterkreuzung	Artkreuzung
<i>S. demissum</i>	17	720	bis BC6	53 %	18
<i>S. stoloniferum</i>	10	328	bis BC5	27 %	19
<i>S. polytrichon</i>	2	68	bis BC2	6 %	4
<i>S. papita</i>	3	29	bis BC2	0 %	2
<i>S. verrucosum</i>	2	119	bis BC1	0 %	3
<i>S. bulbocastanum</i>	6	258	bis BC2	0 %	2

Für 10 der 42 Arten werden im Folgenden die in der Vorlaufzüchtung des ILK genutzten Herkünfte aufgelistet:

- S. demissum*: **GLKS 010.3**, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 15, 17, 20, 24, 26, 29, 30, 31, 34, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 59, 60, 61, 78, 79, 81, 82, 85, 86, 89, 90, 105, 121, 136, 139, 140, 146, 147, 152, 160, 162, 164, 171, 173, 174, 181, PI 160227, Reddick 1952.20.154, dms1947RRR
- S. stoloniferum*: **GLKS 004.16**, 004.19, 022.1, 2, 3, 6, 11, 22, 24, 023.6, 50, 52, 60, 62, 63, 65, 76, 79, 84, BGRC 7230, Petersburg 2490-5
- S. hougasi*: **GLKS 144.1**, 7., 8
- S. polytrichon*: **GLKS 102.2**, 5., 9
- S. hjertingii*: **GLKS 145.2**, 3., 7., 12
- S. circaeifolium*: BGRC 27034
- S. okadae*: BGRC 028969, BGRC 028970
- S. sucrense*: **GLKS 33.16**, BGRC 27370
- S. bulbocastanum*: **GLKS 088.38**, 40, 43, 44, 46, H-1983, H-1588-23 über ABPT aus Wageningen, BGRC 008006, K-4207 aus Petersburg
- S. tuberosum ssp. Andigena*: **GLKS 003.209**, 379, 982, 1453, 1457, 1569, 1574, 1693, 1797, 1815, 1835, 1952, 2077.32, 2115.025228, Tüb. 482W, Material aus dem CIP unbekannter Abstammung

Im Jahr 1997 wurden in stärkerem Anteil als in anderen Jahren Samen aus Kombinationen ausgesät, deren Zuchtstadium sich näher an Wildarten befand und nicht dem fortgeschrittenen Zuchtmaterial zuzurechnen war. Was davon als A-Klon, also im zweiten Jahr des Feldanbaus, noch vorhanden war,

wird in Tabelle 23 auf die jeweilige Resistenzquelle mit Angabe der Art und Herkunft zurückgeführt. Darüber hinaus ist zu entnehmen, ob diese Art die einzige Resistenzquelle in der jeweiligen Kreuzung (Abstammung) war oder ein bis drei weitere resistente Arten in der Abstammung wirksam wurden. Z. B. mit *dms* GLKS 10.10 in der dritten Zeile wurden Klone aus 3 Kreuzungskombinationen angebaut, die auf Kreuzung von *S. demissum* mit einer weiteren resistenten Art und anschließender Kreuzung mit Kulturkartoffeln zurückgehen. In einer weiteren Kreuzungsfamilie sind 4 verschiedene resistente Arten zusammengeführt worden. Von diesen 4 Kreuzungskombinationen waren zwei Artkreuzungen (F1), eine erste Rückkreuzung BC1 = ((Art x Sorte) x Sorte) und eine vom Typ Rückkreuzungsklon x Rückkreuzungsklon (BC x BC), also resistent x resistent. Die Angabe *sto*  $\Sigma$  7 Herkünfte 23 weist auf Pollengemisch aus Genotypen von sieben Herkünften der Art-Nr. 23 im GLKS hin.

**Tab. 23** Kreuzungskombinationen bei den A-Klonen des Anbaujahres 1999, die auf neue Resistenzquellen zurückgehen und die Zahl der darin verankerten resistenten Arten sowie deren Zuchtstufe im Schema der Rückkreuzungen. BC = Rückkreuzung. Arten: *dms* = *S. demissum*, *hjt* = *S. hjertingii*, *pta* = *S. papita*, *ver* = *S. verrucosum*, *sto* = *S. stoloniferum*, *plt* = *S. polytrichon*, *crc* = *S. circaeifolium*, *adg* = *S. tuberosum* ssp. *andigena*.

Art und Herkunft	Zahl Kreuzungskombinationen mit 1-4 <i>Phytophthora</i> -resistenten Arten darin				Kreuzungsstufe, in der Kreuzungen mit dieser Resistenzquelle vorhanden sind				
	1	2	3	4	F1	BC1	BC2	BC3	BC x BC
<i>dms</i> GLKS 10.08	2	1	-	-	1	2	-	-	-
<i>dms</i> GLKS 10.09	6	6	-	-	3	5	-	-	4
<i>dms</i> GLKS 10.10	-	3	-	1	2	1	-	-	1
<i>dms</i> GLKS 10.11	-	1	1	1	1	1	-	-	1
<i>dms</i> GLKS 10.17	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>dms</i> GLKS 10.20	10	1	-	-	3	6	-	-	2
<i>dms</i> GLKS 10.43	3	1	-	-	1	3	-	-	-
<i>dms</i> GLKS 10.60	-	8	-	-	8	-	-	-	-
<i>dms</i> GLKS 10.90	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>dms</i> GLKS 10.105	2	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>dms</i> GLKS 10.?	2	5	1	-	6	2	-	-	-
<i>dms</i> $\Sigma$ 8 Herkünfte	1	1	-	-	2	-	-	-	-
<i>hjt</i> GLKS 145.2	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>hjt</i> GLKS 145.4	-	1	-	-	-	-	-	1	-
<i>pta</i> GLKS 136.2	1	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>pta</i> GLKS 136.4	-	2	-	-	-	1	-	-	1
<i>ver</i> GLKS 40.2	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>ver</i> GLKS 40.4	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>sto</i> GLKS 23.60	-	1	-	-	1	-	-	-	4
<i>sto</i> GLKS 23.63	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>sto</i> GLKS 23.84	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>sto</i> $\Sigma$ 7 Herkünfte 23	4	3	-	3	1	1	-	2	-
<i>sto</i> $\Sigma$ 7 Herkünfte 22	2	5	-	-	7	-	-	-	-
<i>plt</i> Petersburg	2	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>crc</i> BGRC 27034	7	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>blb</i> BGRC 08006	3	-	-	-	-	-	2	-	1
<i>blb</i> K 4207	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>blb</i> ABPT Wageningen	-	3	4	9	-	-	3	-	13
<i>pnt</i> K 2503-1	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>pnt</i> GLKS 71.06	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>pnt</i> BGRC 08168	-	3	2	1	-	-	-	-	6
<i>adg</i> IPK 3.5228	-	1	4	-	1	-	-	-	4
<i>adg</i> GLKS $\Sigma$ 6 Herkünfte	-	9	1	1	9	-	-	-	2

Tabelle 23 vermittelt eine Vorstellung von der Komplexität und Langfristigkeit der *Phytophthora*-Resistenzzüchtung auf der Basis von Polygenen. Hier wird das Bemühen deutlich, Vielfalt der Resistenzgene zu kombinieren, eine zusätzliche Schwierigkeit zur Kombination polygener Resistenz mit polygenem



Ertrag und Qualität. Abbildung 68 zeigt einen Ausschnitt von Klonen früher Zuchtstufe im Feld. Erfreuliche Knollenform verbindet sich mit Speiseeignung, Krebs- und Nematodenresistenz bei BAZ-GL-00.1218.01 in BC3 aus *S. circaeifolium* bei unzureichender Braunfäuleresistenz (Abbildung 69). Klon BAZ-GL-01.1336.01, der auf Tübinger Fusion mit *S. bulbocastanum* zurückgeht, blendet mit den äußeren Knollenmerkmalen als BC2, ist jedoch für keine Verwertungsrichtung geeignet (Abbildung 70).

Die verwandtschaftlich der Kulturkartoffel besonders fernen knollentragenden Arten *S. bulbocastanum* (blb) und *S. pinnatisectum* (pnt) wurden durch Fusion in Tübingen (L. Schilde-Rentschler, Universität Tübingen) und später auch in Groß Lüsewitz (R. Thieme) erschlossen. Über die Resistenzprüfung des Materials aus Tübingen wird im folgenden Abschnitt berichtet.

#### 4.4. Untersuchung und Nutzung von Fusionaten aus der Zusammenarbeit mit der Universität Tübingen

##### 4.4.1. Zielstellung, Zeitrahmen, Aufgabenverteilung, Material und Methode

Von 1992 bis 1999 gab es in zwei Projekten (ohne BAZ-Nr. und 3125) mit L. Schilde-Rentschler und V. Hemleben von der Eberhard-Karls-Universität Tübingen eine bereichernde Zusammenarbeit, die auf Nutzung schwer mit der Kulturkartoffel kreuzbarer Wildarten für die Züchtung durch Anwendung neuer zellbiologischer und molekularbiologischer Methoden gerichtet war. Im ersten Projekt ging es um je einen Klon aus der Herkunft BGRC 008006 von *Solanum bulbocastanum* (blb) und aus BGRC 008168 von *S. pinnatisectum* (pnt). Resistenz gegen *Phytophthora infestans* und *Erwinia carotovora* sowie Toleranz gegen Hitze und Trockenheit kann in beiden Arten gefunden werden, die in Mittelamerika beheimatet sind und bis vor kurzem in Kartoffelsorten noch keinen Eingang gefunden hatten.

Protoplasten von diploiden Wildarten (blb, pnt) wurden mit dihaploiden *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* in der Fusionskammer mittels Elektroschock zur Zusammenlagerung gebracht, der z.T. Verschmelzung zu einer tetraploiden Zelle mit 4 Chromosomensätzen folgte, z.B. blb (2n = 2x) + tbr (2n = 2x) = blbtbr (4n = 4x). Als Kulturkartoffel wurden mit *Solanum bulbocastanum* zwei Klone, B15 oder BP 1076 aus der Bayerischen Landesanstalt bzw. aus der „Bioplant“ eingesetzt, je einmal in symmetrischer und einmal in asymmetrischer Fusion. An symmetrischer Fusion sind beide Partner gleichgewichtig mit ihrem ganzen Genom beteiligt, während bei asymmetrischer Fusion der Wildpartner vor der Fusion mit Röntgenstrahlen bestrahlt wurde und nur Teile des Wildgenoms zur Wirkung kamen. Mit *S. pinnatisectum* wurde nur eine Kombination mit B15 untersucht.

In Projekt 3125 als Teil eines Verbundprojekts, an dem auch die TU München und acht Zuchtfirmen beteiligt waren, wurden 1995 bis 1999 im ILK neue Resistenzquellen aus den Genbanken Groß Lüsewitz (GLKS) und Braunschweig (BGRC) untersucht. Unter 66 Klonen von 12 Wildarten und einer Wildartkreuzung wurden nach Prüfung auf Krautfäuleresistenz 12 Klone mit gutem Wachstum *in vitro* als potentielle Resistenzquellen ausgewählt. Auf fünf Wildkartoffelarten konzentrierte sich das Fusionsprogramm in Tübingen: *S. bulbocastanum*, *S. berthaultii*, *S. circaeifolium*, *S. iopetalum*, *S. okadae*.

Die Aufgabe der BAZ bestand im Abschnitt 1992-95 in der Durchführung von Resistenzprüfungen im Feld und im Labor an den Fusionaten und deren Kreuzungsnachkommen sowie Bewertung weiterer Merkmale. Für das zweite Projekt kam die Prüfung und Auswahl der Resistenzquellen sowie die Bereitstellung von Fusionspartnern hinzu. Folgende fünf diploide Klone mit guten Kultureigenschaften (GL 11 = BAZ-GL-83.611.42, GL 14 = BAZ-GL-87.089.32, GL 17 = BAZ-GL-87.099.17, GL 18 = BAZ-GL-88.271.10, GL 19 = BAZ-GL-88.124.05, GL 20 = BAZ-GL-87.105.09) und ein tetraploider *Phytophthora*-resistenter Fusionspartner (BAZ-GL-88.6164.2) wurden dafür ausgewählt. Der Materialtransfer aus Tübingen erfolgte überwiegend als *in-vitro*-Pflanzen, die dann in der BAZ im Gewächshaus in Erdkultur angebaut und vermehrt wurden. Teilweise wurden Knollen bezogen. Im Blatttest wurde Krautfäuleresistenz untersucht, an Topfknollen wurde Braunfäuleresistenz getestet. In den folgenden beiden Jahren wurden Merkmale im Feldanbau erfasst, Braunfäuleresistenz im Scheibentest ermittelt sowie Krautfäuleresistenz mit Inokulation auf isoliertem Prüffeld bestimmt. Der Umfang des in der BAZ im zweiten Projekt mehrjährig untersuchten Materials ist in Tabelle 24 dargestellt.

**Tab. 24** Untersuchung von Fusionaten aus Tübingen und deren Kreuzungsnachkommen auf Kraut- und Braunfäule im Rahmen des Projekts 3125 im ILK Groß Lüsewitz.

Jahr	Anzahl Töpfe Blattprüfung Phyt.-Res.	Anzahl Klone Feldprüfung Phyt.-Res.	Anzahl Klone Resistenzprüfung Knollen	Anzahl Klone im Feldanbau	Anzahl Klone im Gewächshaus
1996	57	238	692	257	157
1997	237	1210	381	114	165
1998	509	1084	472	189	212
1999	153	15	214	213	89

Es zeigte sich schnell ein Konflikt zwischen der Priorität der Datenerhebung in wissenschaftlichen Versuchen und den phytosanitären Erfordernissen im Zuchtgarten in der Gesundheitslage für Pflanzguterzeugung. Hohe Virusanfälligkeit der Wildartklone und ihre nicht enden wollende Wachstumsperiode sowie in einigen Fällen ihre Vorbelastung machte ein teilweise vorzeitiges Verwerfen notwendig. Im Folgenden werden die Ergebnisse dargelegt.

#### 4.4.2. Ergebnisse der Untersuchung von Fusionaten und deren Nachkommen

Sowohl in der Krautfäulerresistenz als auch in der Braunfäulerresistenz zeigten die symmetrischen Fusionate mit *S. bulbocastanum* sehr hohes Niveau in der Kombination 6979 (Tabelle 25) wie in 7261 (Tabelle 27).

**Tab. 25** Kraut- und Braunfäulerresistenz symmetrischer Fusionate von diploidem *S. bulbocastanum* (*blb*) und dihaploidem *S. tuberosum* (*tbr*), Kombination 6979. n = Anzahl Klone, x = Mittelwert, s = Standardabweichung, 1: Einzelblatttest bei Kultur im Gewächshaus, 2: Test kleiner Knollen aus dem Gewächshaus, 3: Scheibentest nach Feldanbau.

Statistische Parameter	Krautfäulerresistenz				Braunfäulerresistenz							
	in vitro		in der Feld- prüfung		Test kleiner Knollen		Scheibentest <sup>3</sup> Feldanbau					
	1992	1994	1993	1994	x	s	1992	1993	1993	1994	x	s
Fusionate												
n	68	43	59	14	68	68	67	64	26	13	68	68
x	7,7	8,4	8,7	8,6	8,21	0,60	7,9	7,6	8,4	8,3	7,90	0,34
s	0,2	0,3	0,1	0,1	0,20	0,16	0,4	0,8	0,2	0,2	0,40	0,30
Max	8,2	8,9	8,9	8,7	8,57	1,06	8,5	8,8	8,8	8,5	8,62	1,28
Min	7,0	7,9	8,6	8,5	7,50	0,29	6,5	5,3	7,8	8,0	6,52	0
Fusionspartner												
<i>blb</i>	8,5	8,7	8,8	8,7	8,68	0,13	8,5	8,0	-	8,6	8,38	0,25
<i>tbr</i>	2,5	2,3	1,4	1,8	2,00	0,50	2,9	4,1	4,9	4,3	4,06	0,72
x	5,5	5,5	5,1	5,2	5,34	0,21	5,7	6,0	-	6,4	6,22	0,30

Das durchgehend sehr hohe Resistenzniveau der Fusionate wird durch die sehr niedrige Standardabweichung unterstrichen und zeigt gelungene Genomaddition der diploiden Wildart mit dem dihaploiden Kulturpartner an. Dabei kam es nicht zu intermediärer Resistenzausprägung, sondern zu Dominanz, denn die Mittelwerte x der Fusionate ähneln der Resistenz des Wildklons. Jedoch in der Reifezeit und weiteren Merkmalen ergaben sich gravierende Rückschläge und damit eine große züchterische Herausforderung (Tabelle 26).

**Tab. 26** Kraut- und Knollenmerkmale symmetrischer Fusionate von diploidem *S. bulbocastanum* (*blb*) und dihaploidem *S. tuberosum* (*tbr*) B15, Kombination 6979 im Feldanbau im Mittel von zwei Jahren. x<sub>F</sub>:

Mittelwert der Fusionate, s: Standardabweichung, n: Anzahl der Klone,  $x_p$  = Mittelwert der Fusionspartner.

Merkmal	Fusionate		Jahres- differenz	Max	Min	n	Fusionspartner		
	$x_F$	s					blb	tbr	$x_p$
Jugendentwicklung (9-1)	3,0	1,4	0,50	5,0	1,0	66	3,0	5,0	4,0
Krautmasse (9-1)	4,3	2,0	0,77	8,0	1,0	66	2,0	3,5	2,75
Blühintensität (9-1)	4,8	2,7	1,11	9,0	1,0	60	4,0	2,5	3,25
Spontaner Beerenansatz (9-1)	1,0	0,3	0,01	3,0	1,0	59	1,0	1,0	1,0
Blattdeformationen (9-1)	7,2	1,3	1,15	9,0	3,0	60	9,0	9,0	9,0
Reifezeit (9-1)	1,1	0,3	0,17	2,0	1,0	61	1,0	4,0	2,5
Ertrag (g/Stauden)	582	452	243	2200	0	63	2,5	353	178
Knollengröße (9-1)	3,5	2,2	0	8,0	1,0	64	1,5	3,5	2,5
Gesamteindruck Knollen(9-1)	2,5	1,3	0,2	4,5	1,0	66	1,5	5,5	3,5
Augentiefe (9-1)	5,2	0,8	0,4	6,0	3,0	48	4,5	8,0	6,2
Formschönheit Knollen (9-1)	3,5	0,8	0,2	4,5	1,0	48	4,0	7,2	5,6
Knollendeformation (9-1)	3,1	1,4	0,3	5,0	1,0	48	8,0	9,0	8,5
Fleischfarbe (9-1)	4,0	0,9	0,3	5,0	3,0	14	1,0	7,0	4,0

Ausgesprochen zögerliche Jugendentwicklung mündete z. T. in üppiges Krautwachstum bei häufigen Blattanomalien und sehr seltenem Beerenansatz. Beide letztgenannte Merkmale sind Ausdruck der genetischen Distanz beider Genome und geringer Verträglichkeit. In der Reifezeit dominierte der Wildpartner. Die Vegetation wurde um den 20. Oktober beendet. Krautmasse, Knollengröße und Ertrag wurden stärker durch den Wechsel auf die tetraploide Valenzstufe als durch die Elternleistung beeinflusst. Bei erstaunlichem Ertrag waren seit Jahrzehnten bei Wildartnutzung nie so stark deformierte Knollen (wahrscheinlich genetisch bedingt) gesehen worden, wobei *Rhizoctonia solani* eine geringe Rolle spielte. Nur etwa 10 % männlich fertile Fusionate wurden gefunden. Die weibliche Fertilität lag unter 1 %. Asymmetrische Fusion beabsichtigte als methodische Variante, den Rückschlag in den Kulturmerkmalen wesentlich zu reduzieren. Für blb + BP1076 liegt direkter Vergleich beider Fusionsvarianten vor (Tabelle 27).

**Tab. 27** Vergleich der 2-4jährigen Merkmalsausprägung bei symmetrischer (7261) und asymmetrischer Fusion (7260) von diploidem *S. bulbocastanum* (blb) und dihaploidem *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* BP1076

Statis- tische Para- meter	Kraut- fäule- resis- tenz	Braun- fäule- resis- tenz	Reife- zeit	Kraut- masse	Blüh- inten- sität	Knollen- ertrag (g/Pfl.)	Gesamt- ein- druck	Grö- ße	Man- gel	Fleisch- farbe	Stärke- gehalt (%)
Symmetrische Fusionate											
x	8,8	6,2	1,6	3,5	4,6	310	2,7	4,5	3,0	1,9	15,5
s	0,1	0,5	0,5	1,2	2,0	231	1,0	1,9	0,7	0,4	1,7
n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	8	4
Asymmetrische Fusionate											
x	5,4	4,6	2,7	3,3	4,6	338	3,7	4,2	3,3	2,6	18,1
s	2,5	0,9	0,8	0,9	2,5	264	0,7	1,3	1,2	0,4	2,5
n	23	23	23	23	23	23	23	23	23	21	17
Fusionspartner											
blb	8,9	8,2	1,0	2,0	5,0	9	1,5	2,0	3,0	1,0	-
tbr	3,4	4,3	3,5	4,0	1,7	566	5,5	4,0	6,0	5,5	16,4
x	6,1	6,2	2,2	3,0	3,4	288	3,5	3,0	4,5	3,2	-

In der symmetrischen Fusion von *S. bulbocastanum* mit den beiden dihaploiden Partnern zeigen sich ähnliche Ergebnisse (Tabelle 25, Tabelle 27). Asymmetrische Fusion brachte bei den meisten

Merkmale größere Variabilität, bei den Kulturmerkmalen abgemilderten „Wildeffekt“ (Tabelle 27), auch bei Fusion mit B15 (Ergebnisse wegen geringer Klonzahl nicht dargestellt). Das wurde erwartet, jedoch führte die Bestrahlung zum Ausfall der meisten oder wesentlichen Resistenzgene und Verminderung des Niveaus der *Phytophthora*-Resistenz unter das Mittel der Fusionspartner. An den Knollen fiel die Reduzierung der Resistenz deutlicher aus als am Kraut. Kein einziger Klon aus dieser und anderen asymmetrischen Fusionen bewährte sich in den folgenden Jahren als Resistenzvererber.

Auch in der Art *S. pinnatisectum* war hohes Niveau von Kraut- und Braunfäuleresistenz gefunden worden, das jedoch bisher in die Sortenzüchtung nicht übertragen werden konnte. Jedoch wiesen Fusionate mit der verwendeten Resistenzquelle keine ausreichende Krautfäuleresistenz auf, Note 5,3 als Spitzenwert reicht nicht aus (Tabelle 28).

**Tab. 28** 2-4-jährige Merkmalsausprägung bei symmetrischer Fusion (7259) von diploidem *S. pinnatisectum* (pnt) und dihaploidem *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* (B15)

Statische Parameter	Krautfäuleresistenz	Braunfäuleresistenz	Reifezeit	Krautmasse	Blühintensität	Knollenertrag (g/Pfl.)	Gesamteindruck	Größe	Man- gel	Fleisch- farbe	Stärke- gehalt (%)
Fusionate											
x	3,9	5,7	1,7	5,4	6,2	352	3,3	3,7	3,0	3,7	15,6
s	0,5	0,7	0,4	1,0	1,1	214	0,6	1,0	0,6	0,8	1,2
n	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Max.	5,3	7,3	3,0	7,5	8,0	1007	5,0	5,5	4,0	4,0	17,9
Min.	3,2	3,4	1,4	2,5	3,5	285	2,5	2,5	2,0	2,0	12,7
Fusionspartner											
pnt	6,3	7,7	1,3	2,2	5,0	28	2,5	2,0	3,0	1,0	26,4
tbr	2,4	4,3	3,5	3,5	3,0	362	5,5	3,5	6,0	6,0	15,3
$\bar{x}$	4,4	6,0	2,4	2,9	4,0	195	4,0	2,8	4,5	3,5	20,8

Auch in Fusionaten eines Klons von *S. pinnatisectum* der Herkunft GLKS 66.71/6, der mit dem dihaploiden Klon GL-VI-86.86.05 in Groß Lüsewitz fusioniert worden war, konnte die *Phytophthora*-Resistenz nicht ausreichend ins Kulturkartoffelgenom übertragen werden (Thieme et al. 1997).

Ergebnisse der Krautfäuleresistenz im Blatttest, der Krautentwicklung und Blühintensität einiger symmetrischer und asymmetrischer Fusionskombinationen des zweiten Projekts enthält die Tabelle 29. In Fusionaten mit *S. okadae* (*oka*), *S. bulbocastanum* (*blb*) und *S. circaefolium* (*crc*) war die *Phytophthora*-Resistenz bei symmetrischer Fusion gut ausgeprägt. Der verwendete Klon aus *S. okadae* führte zu geringem Krautwachstum. Asymmetrische Fusion bewährte sich auch in diesem Arbeitsabschnitt nicht (Tabelle 29, 30). Es traten wesentlich mehr Störungen der Pflanzen auf und selten ausreichende Resistenz.

**Tab. 29** Krautfäuleresistenzprüfung 1997 neuer Fusionate von L. Schilde-Rentschler aus Tübingen im ILK der BAZ (ber = *S. berthaultii*, oka asy = asymmetrische Fusion mit *S. okadae*, crc = *S. circaefolium*)

Fusion	Zahl geprüfter Klone	Krautfäuleresistenz		Anteil (%)		Klone mit Blühintensität > Note 4
		% Klone mit > Note 7	Mittelwert x	> Note 4	> Note 4	
tbr + oka	6	83	7,9	0	50	
tbr + blb	16	100	8,5	69	69	
tbr + crc	10	80	7,6	80	80	
(tbr + crc) x tbr	70	40	5,7	86	14	
tbr + ber	10	20	5,2	100	50	
tbr + oka asy.	3	0	3,5	33	33	
tbr + blb asy.	35	43	6,1	31	6	
tbr + crc asy.	32	34	6,1	62	41	
(tbr + crc asy.) tbr	14	29	4,5	93	14	

Im Vergleich von zwei Prüfungsjahren gab es eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse bis auf eine Ausnahme bei Klon 97.03.05 (Tab. 30). Hier hat der Befall mit schwerem Mosaik im Jahr 1999 sehr hohe Anfälligkeit im Feld vorgetäuscht. Die Krautfäulerresistenz beider Jahre in der Feldprüfung mit künstlicher Inokulation korrelierte mit  $r = 0,64$  (B=40 %). Die Werte des Einzelblatttestes korrelierten besser ( $r=0,93$ , B=87%). Für die Braunfäulerresistenz im Scheibentest errechnete sich zwischen beiden Jahren  $r = 0,78$  und B = 60 %. Sehr hohe Noten im Blatttest ( $>8,3$ ) bei der zweiten Rückkreuzung nährten Zweifel am Vorliegen nur quantitativer Resistenz. Hinzu kommt, dass schnelle Erzeugung der zweiten Rückkreuzung aus *S. circaeifolium* ohne mehrjährige Resistenzprüfung erfolgt war. Wenn dann sehr gute Resistenz vererbt wird, besteht der Verdacht auf ein neues R-Gen. In Tübingen standen methodische Aspekte aus biotechnologischer Sicht im Vordergrund. Gegen züchterische Vernunft wurde dabei in mehreren Punkten verstoßen: dieselbe Sorte mehrmals hintereinander als Kreuzungspartner verwandt, nicht die beste Speisesorte eingesetzt, der Elternauslese lagen nicht genug Prüfungsergebnisse zugrunde, auch der Auswahl der Resistenzquellen nicht. Erst auf der Basis mehrjähriger Ergebnisse kann die Elternauswahl für polygen bedingte Resistenz so sicher vorgenommen werden, dass Erfolg am Ende überhaupt möglich ist.

In der Kombination 97.08.02 erscheint die Braunfäulerresistenz bereits nahe der Selektionsgrenze, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die verwendete crc-Quelle einen unzureichenden Beitrag zur Resistenz der Knollen leistete (Tabelle 30).

**Tab. 30** *Phytophthora*-Resistenz an Kraut und Knollen aus zwei Prüfungsjahren bei ausgewählten Klonen von insgesamt 237, die im März 1997 aus Tübingen geschickt worden waren.

Klon-Nr.	Abstammung	Krautfäulerresistenz				Braunfäulerresistenz	
		Feldprüfung		Blatttest		BS	
BAZ-GL-Tüb-		1998	1999	1998	1999	1998	1999
97.03.05	BAZ-GL-87.089.32 + oka	8,8	1,0	7,7	9,0	7,7	-
97.08.02	B15 + crc	8,7	8,6	8,8	9,0	5,5	5,7
97.10.01	GL5 + blb asy	8,6	7,0	8,4	9,0	7,6	-
97.12.04	Pamir + blb asy	8,8	7,3	8,1	8,9	5,1	3,5
97.13.02	Regina + blb asy	8,7	8,9	8,6	8,5	7,6	-
97.18.02	GL9 + crc asy	8,6	8,0	8,5	8,6	5,7	5,9
97.18.04	GL9 + crc asy	8,7	7,9	8,4	8,8	7,2	6,7
C4	Irmgard x (B15 + crc 109)	8,9	8,6	8,6	9,0	6,0	6,0
C5	Irmgard x (B15 + crc 109)	8,9	8,6	8,4	9,0	5,8	7,0
97.25.02	(Irmgard x (B15 + crc 109)) x Irmg.	9,0	8,5	8,5	8,8	8,2	8,0
97.26.02	(Irmgard x (B15 + crc 109)) x Irmg.	8,7	8,6	8,6	8,9	5,8	2,0
97.27.06	(Irmgard x (B15 + crc 109)) x Irmg.	8,7	8,6	8,6	8,9	6,9	6,7
97.31.04	(Irmgard x (B15 + crc 109)) x Pamir	9,0	8,2	8,9	8,9	7,3	7,7
97.31.07	(Irmgard x (B15 + crc 109)) x Pamir	8,6	7,7	6,6	8,0	7,2	6,7
Irmgard	-	2,6	4,1	3,0	4,2	4,6	4,3
B15	-	4,2	5,2	1,2	4,1	4,0	3,8

Mit der Materialzusendung von 1998 kamen auch weitere Fusionate von *S. okadae*. Tabelle 31 enthält eine Auswahl der Ergebnisse von 115 Klonen aus Kreuzungen, die in Tübingen bereits vor Abschluss der Resistenzprüfungen und Selektion erzeugt wurden.

**Tab. 31** *Phytophthora*-Resistenz von Fusionaten und deren Rückkreuzungen aus der Zuzensendung von 1998, geprüft 1999. Wildarten: *S. bulbocastanum* (*blb*), *S. berthaultii* (*ber*), *S. circaeifolium* (*crc*), *S. okadae* (*oka*).

Klon-Nr. BAZ-GL-Tüb-	Abstammung	Krautfäuleresistenz		Braunfäuleresistenz
		Feldprüfung	Blatttest	BS
98.01.02	(Irmgard x (H 256.1 + crc))x Irmgard	9,0	9,0	8,3
98.02.07	(Irmgard x (H 256.1 + crc))x Irmgard	4,6	2,9	-
98.03.10	(Irmgard x (H 256.1 + crc))x Irmgard	6,6	2,6	-
98.05.04	(Irmgard x(H256 + crc)) x Pamir	4,4	6,5	-
98.06.07	(Irmgard x(H256 + crc)) x Pamir	8,6	9,0	-
98.08.07	Birgit x (H50.1 + blb)	7,6	8,6	8,2
98.13.03	(GL14 + oka1) x Panda	8,2	9,0	8,0
98.14.04	(GL14 + oka1) x Granola	7,1	9,0	8,7
98.16.11	(GL14 + oka1) x Pamir	2,7	4,0	-
98.17.05	H50/52 x ber	6,0	3,2	-
Birgit	-	2,4	4,0	2,8
Irmgard	-	4,2	4,2	4,9
Granola	-	4,9	3,6	4,5

Die Klone der zweiten bis vierten, neunten und zehnten Zeile reichen im Resistenzniveau nicht aus. Es sind jedoch aussichtsreiche Klone hinsichtlich der Krautfäuleresistenz dabei: 98.01.02, 98.06.07, 98.08.07, 98.13.03, 98.14.04. Von insgesamt 347 Klonen mussten mehr als die Hälfte in der Vorselektion auf Virusbefall, Knollenbildung und durch den Blatttest auf Krautfäuleresistenz von der weiteren Verwendung ausgeschlossen werden. Es zeigte sich, dass die nur nach Krautfäuleresistenz ausgewählten Resistenzquellen nicht selbstverständlich auch gute Träger und/oder Vererber von Braunfäuleresistenz waren. Eine mittlere bis gute Resistenz der Knollen wiesen bei Klonen, die 1999 noch behaltenen wurden, nur etwa 20 % auf. Für eine ausreichende Selektion der Resistenzquellen auf Braunfäuleresistenz fehlte der zeitliche Vorlauf.

Wie schnell Virusbefall bei Kartoffeln zum Problem wird, wenn nicht konsequent selektiert wird, zeigen die Daten für Befall mit schweren Virose, also PVY, PLRV und PVM in Tabelle 32. Nur durch großen Abstand zu Zuchtgärten und Pflanzguterzeugung waren die Untersuchungen in Groß Lüsewitz zu verantworten. Weitere züchterische Nutzung durch Kreuzung wurde an einem kleinen Teil der Klone nach einjähriger Resistenzprüfung im Vorgriff sichergestellt. Gute Krautfäuleresistenz war oft mit unzureichender Braunfäuleresistenz verbunden. Geringer Ertrag und weit unter Sortenniveau liegende Kulturmerkmale entsprechen der vorliegenden Zuchtstufe.

**Tab. 32** Charakterisierung von 2 Fusionskombinationen und 7 Rückkreuzungskombinationen in der Endphase der Selektion in 7 Merkmalen anhand der Mittelwerte der untersuchten Klone (Note 9 = sehr gut, Note 1 = sehr schlecht).

Kombination	Abstammung	Jahr	Zahl Klone	Krautfäuleresistenz		Braunfäuleresistenz	Ertrag	Gesamteindruck Knollen	Formschönheit	Fleisfarbe	Virusbefall
				Feld	Blatt						
97.03	tbr diha + oka	1998	3	8,7	8,1	8,1	3,0	3,7	3,7	3,0	33%
		1999	1	6,0	8,0	6,4	3,0	4,0	3,5	3,5	100%
97.08	tbr diha + crc	1998	8	8,7	8,7	6,1	3,5	2,9	4,5	3,5	12%
		1999	2	8,6	8,4	5,7	4,2	3,5	4,2	4,0	100%
25-28	BC2 aus crc	1998	18	7,3	7,2	6,4	4,0	4,6	4,4	4,7	17%
		1999	6	8,3	8,2	5,2	4,3	4,7	4,7	5,3	100%
29-31	BC2 aus crc	1998	16	6,6	6,3	6,3	4,9	4,6	4,5	4,6	19%
		1999	2	8,0	8,8	7,1	5,2	4,0	3,7	5,0	100%
Kreuzungseltern 4x in	BC2	2	3,6	3,5	4,2	7,6	6,0	5,5	5,7	6%	

#### 4.4.3. Nutzung der Fusionate und deren Kreuzungsnachkommen für die Vorlauf- und Sortenzüchtung

Protoplastenfusion stellt eine wertvolle Methode zur Erweiterung der Nutzung genetischer Ressourcen dar, die mit der Kulturkartoffel schwer oder nicht kreuzbar sind. Die Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz im ILK wurde um Quellen aus *S. bulbocastanum*, *S. circaefolium* und *S. okadae* bereichert. Fusionspartner und Fusionate brauchen wie Kreuzungspartner mehrjährige Evaluierung vor ihrer Nutzung. Dreijährige Projektzeit wäre allein damit ausgefüllt. Zu schnelle Folge der Arbeitsschritte – wie sie bei Nutzung von dominanten Hauptgenen angemessen erscheint – verschenkt hier einen erheblichen Teil des möglichen Gewinns für die Züchtung. Die Notwendigkeit der Anhebung der Braunfäuleresistenz verlängert den noch erforderlichen Zuchtweg. Fusionen werden im ILK fortgesetzt (Thieme et al. 2004).

In den Kultur- und Leistungsmerkmalen bestand bei den Fusionaten vor allem durch den sofortigen Wechsel auf die tetraploide Valenzstufe ein erheblich geringerer Abstand zum Niveau der Sortenzüchtung als zwischen Wildart und Sorte. Dennoch werden etwa fünf weitere Kreuzungen für nötig erachtet, um das Kulturniveau der Sorten zu erreichen, wobei aber gleichzeitig das Niveau der *Phytophthora*-Resistenz unvermeidlich gesenkt wird.

Ein besonderes Problem stellte die hohe Virusanfälligkeit der meisten Wildartklone in Verbindung mit ihrer durch Kurztagsanpassung langen Attraktivität für die Blattläuse dar (Abbildung 71, Abbildung 72). Das Kreuzen erfolgte bei einigen viruskranken Klonen als last-minute-Ereignis. Das Problem des Materialverlusts durch vorzeitigen Virusbefall besteht bei Züchtungsarbeiten mit Kartoffeln, die außerhalb von Gesundheitslagen erfolgen und nicht sofort für das gesamte Untersuchungsmaterial virusfreie Klone *in vitro* sicherstellen. Die Erzeugung gesunden Pflanzgutes muss in der Gesundheitslage aus virusfreien *in vitro*-Pflanzen erfolgen, getrennt von den Parzellen zur Merkmalsuntersuchung. Unterlassung dieser Vorsorge führte auch bei transgenem Material mit Resistenz gegen *Erwinia carotovora* aus Quedlinburg zu vorzeitiger Beendigung eines Versuches wegen hohen Virusbefalls. Auch moderne Züchtungsforschung ist gut beraten, wesentliche Grundregeln zurückliegender Jahrzehnte nicht zu missachten. Gerade über die Virusvektoren werden die kommenden Klimaveränderungen für die Kartoffel die Bedeutung des Standorts in seiner Auswirkung auf die mögliche Qualität wissenschaftlicher Arbeit erhöhen.

Im Jahr 2000 wurden 35 Klone aus dem Projekt zur Kreuzung im ILK eingesetzt. Inzwischen wurden Kreuzungsnachkommen von *S. circaefolium* mit fortgeschrittenen Resistenzträgern von *S. demissum* und *S. stoloniferum* gekreuzt. Abgaben an die Sortenzüchtung erfolgten bereits und stehen ab 2010 aus der nächsten Generation bevor. Fusionate mit *S. okadae* wurden verstärkt gekreuzt und wurden in zweiter Rückkreuzung untersucht. Aus Kreuzungen von zwei Klonen der Wildart mit diploidem *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* wurden 173 Beeren mit insgesamt 190 Samen genettet.

In der Vorlaufzüchtung wurden Fusionate und die erste Rückkreuzung mit *S. bulbocastanum* wegen der verwandtschaftlichen Distanz zur Kulturkartoffel bevorzugt mit anderen Artbastarden gekreuzt, um die Chance für Rekombinationen zu erhöhen. Aus den Nachkommen wurden drei Klone ausgelesen und gekreuzt, die gute *Phytophthora*-Resistenz an Kraut und Knollen aufwiesen.

Parallel zum klassischen Zuchtweg ließ sich H. Tiemann durch das hohe Resistenzniveau der *S. bulbocastanum*-Fusionate zu einer schnellen Serie von Rückkreuzungen ohne Selektion der Nachkommen auf Resistenz verleiten. Die Ergebnisse zeigen in zugespitzter Form, was in üblichen Projekten aus Zeitmangel geschieht: Kreuzung auf Verdacht oder ohne ausreichende Merkmalsprüfung. Sämlinge wurden in Form von Pollengemisch als Kreuzungseltern eingesetzt, wodurch eine zeitliche Generationsfolge wie bei Getreide erreicht wurde (Tabelle 33).

**Tab. 33** Rückkreuzungskonzept für (((*blb* + *tbr* B15) x *tbr*) x *tbr*) x *tbr*

Material	Kreuzung	Aussaat	Pollen-gewinnung	Resistenz-prüfung
blb-Fusionat 1993	x Sorten 1993	1994	1994	1997-98
(Sorten x blb-Fusionat) 1994	x Sorten 1994	1995	1995	1997-98
Sorten x (Sorten x blb-Fusionat) 1995	x Sorten 1995	1996	1996	1997-98
Sorten x (Sorten x (Sorten x blb-Fusionat))	x Sorten 1996	1997	1997	1997-99
Sorten x (Sorten x (Sorten x (Sorten x blb-Fusionat)))	-	-	-	1998-00

Insgesamt führte die schnelle Rückkreuzungsfolge zu erfreulich guter Ausprägung in den Kultur- und Leistungsmerkmalen. Jedoch zeigten wiederholte Einzelblattprüfungen schon einen unerwartet schnellen Abfall der *Phytophthora*-Resistenz in der Generationsfolge. Die Ergebnisse der Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz vermitteln einen drastischen Abfall der Resistenz, die sich in der 3. Rückkreuzung (BC3) von anfälligen Sorten nicht mehr unterschied (Tabelle 34). Damit ist die Introgression von Resistenzgenen aus *S. bulbocastanum* auf dem hier gewählten Wege fehlgeschlagen, während sie aus dem gleichen Fusionat bei sorgfältiger Selektion in bescheidenem Maße gelang. Dies wird durch ein weitgehendes Fehlen von Rekombination der fusionierten Genome und bevorzugte Aussonderung des *blb*-Erbgutes in der Meiose erklärt. Nur die seltenen Ausnahmen bilden die Basis erfolgreicher Übertragung. Die Standardsorte Adretta erhielt 1997 Note 2,0 und in 1998 2,1, Sorte Roxy 7,0 bzw. 6,7, Panda 8,0 und 5,2. Diese Noten lassen erkennen, dass der Bewertungsmaßstab nicht zu hart war.

**Tab. 34** Krautfäuleresistenz von Rückkreuzungsbastarden (BC) aus (*blb* + *tbr*), die ohne Prüfung des BC-Elters auf Resistenz erzeugt wurden, in der Feldprüfung auf quantitative Krautfäuleresistenz in Groß Lüsewitz

BC-Stufe	Jahr	Zahl geprüfter Klone	Anteil (%) Klone in Resistenzklassen 9-1								
			9	8	7	6	5	4	3	2	1
			sehr resistent						sehr anfällig		
BC1	1997	3	0	0	0	0	0	33	0	34	33
BC1	1998	2	0	0	0	50	0	0	0	50	0
BC2	1997	11	9	0	0	9	18	9	9	46	0
BC2	1998	49	0	0	0	0	0	0	4	47	49
BC3	1998	14	0	0	0	0	0	0	21	43	36

Hervorragende Merkmalsausprägung im Fusionat (Genomaddition) ist keine Garantie für die Nutzbarkeit in der Züchtung, wofür eine stabile Introgression ins Genom von *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* erforderlich ist. *S. bulbocastanum* ist dafür ein Beispiel. Anfangserfolge berechtigen nicht zu vorschnellen Versprechungen von praktischem Nutzen.

#### 4.4.4. Eignung von Merkmalsbewertungen im Gewächshaus für die Selektion

Am Material der Fusion von *S. bulbocastanum* mit *S. tuberosum* wurde eine methodische Untersuchung zur Eignung der Gewächshausanzucht für die Merkmalsbewertung im Vergleich zum Feldaufwuchs durchgeführt (Tabelle 35). Die Korrelationsrechnung ergab, dass die Beerenbildung und die Formschönheit der Knollen zu den Merkmalen, gehören, deren Bewertung im Gewächshaus geringen Vorhersagewert für den Feldanbau hat. Daraus ergeben sich Grenzen für vorschnelle Auswahl von Kreuzungseltern unter Gewächshausbedingungen. Die Blattbehaarung zeigte keinen Bezug zur Krautfäuleresistenz. Zwischen der Resistenz an Kraut und Knollen gab es kaum eine Beziehung. Man kann die Resistenz der Knollen nicht ungestraft vernachlässigen.

**Tab. 35** Korrelation (*r*) der meist 2-jährigen Merkmalsbewertung im Feld und im Gewächshaus (GH) an Fusionaten der Kombination 6979, *blb* + *tbr*. ( $B = r^2 =$  Bestimmtheitsmaß)

Merkmal a	Merkmal b	r	B (%)
Krautentwicklung im GH	Krautentwicklung im Feld	0,780	60,9
Blühintensität im GH	Blühintensität im Feld	0,794	63,1
Beerenbildung im GH	Beerenbildung im Feld	0,143	2,0
Ertrag im GWH	Ertrag im Feld	0,775	60,0
Knollengröße im GWH	Knollengröße Feld	0,760	57,8
Formschönheit im GWH	Formschönheit Feld	-0,050	0,2
Formschönheit im GWH	Gesamteindruck Knollen im Feld	0,149	2,2
Krautdeformation Feld	Knollendeformation Feld	0,513	26,3
Krautfäule-Resistenz	Behaarung der Blätter	0,096	0,9
Krautfäule-Resistenz	Braunfäuleresistenz	-0,101	10,3



## 5. Zuchtweg, Selektionsschema und Problemlösungen in der Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz

### 5.1. Der Zuchtweg in der Vorlaufzüchtung

Der Zuchtweg oder Züchtungsgang hat die Generationsfolge im Blick, im Rückblick die Abstammung und in Vorausschau künftige Kreuzungsschritte, genauer gesagt, die Elternauswahl zur Kreuzung. In der Entscheidung, welche Partner miteinander gekreuzt werden und weshalb gerade diese, darin liegt ein wesentlicher Teil des Geheimnisses von Erfolg oder Misserfolg. Ausgeprägter als in der Sortenzüchtung kommt es in der Vorlaufzüchtung auf Kreuzungsplanung über mehrere Generationen voraus an. Zur jährlichen Kreuzungsplanung, die nach Alter vor allem D-, E- und F-Klone im 6. bis 8. Jahr vom Zeitpunkt der Aussaat betrifft, werden je drei nahezu optimale Kreuzungspartner gesucht. Bei Wildartklonen kommen Sorten oder bei diploiden Arten auch dihaploide Partner mit guter männlicher Fertilität infrage (Zuchtweg 1, 2 oder 4 in Tabelle 36) oder ein Klon einer anderen oder der gleichen Wildart (Zuchtweg 3, Tabelle 36), je nach Absicht des Züchters. Die Absicht hängt von der jeweils vorliegenden Ausprägung der Merkmale ab und von der Zielstellung. Dabei wird die langfristige Zielstellung unterteilt in Teilziele je Kreuzungsschritt bis hin zur Sorte. Erfahrung und Talent des Züchters werden vor allem darin wirksam, das rechte Maß bei der Reduzierung der Nachkommenschaft in Abhängigkeit von der Zuchtstufe (F1, BC1 ...) zu halten und von einer Kreuzung nicht mehr zu erwarten, als die Eltern hergeben können, aber die relativ besten Klone geduldig optimal weiter zu nutzen. Die Priorität der Merkmale und ihre Wichtung ändern sich von Zuchtstufe zu Zuchtstufe. Polygen bedingte Merkmale erfordern höchste Aufmerksamkeit von Anfang an.

So früh wie möglich ist für jeden *Phytophthora*-Resistenzträger zu entscheiden, in welcher Verwertungsrichtung er nicht eingesetzt wird bzw. welche infrage kommen. Dadurch wird vermieden, dass Nachkommen mit zu stark gefallenem Resistenzniveau und gleichzeitig mit geringem Stärkegehalt und sehr schlechtem Speisewert und Nichteignung für Veredlung erzeugt werden. Deren Nutzung erfordert zwei Kreuzungsschritte mehr als im günstigen Falle, wofür passende Partner mit Resistenz und Qualität als Joker nötig sind. Da solche Joker meist nicht vorhanden sind, besteht schon am Anfang des Zuchtweges hohes Risiko für Nichtgelingen der Kombination von Resistenz und Qualität.

Strategische Gesichtspunkte wie bewusste Ausnutzung der Diversität von Resistenzgenen erfordern die auch zeitlich passende Zuführung neuer Resistenzgene aus anderen Quellen, um Rückkreuzungsklone aus sehr verschiedenen Quellen untereinander zu kreuzen und vorausschauend der möglichen Anpassung der Erregerpopulation entgegenzuwirken (Siehe Tab.1). Leider ist es bisher nicht kurzfristig möglich zu prüfen, ob in verschiedenen Quellen auch genetisch verschiedene quantitativ wirkende Resistenzgene vorhanden sind.

Folgende Abfolgen der Kreuzung von Wildart (W) und Kulturkartoffel (tbr) wurden in der Vorlaufzüchtung absolviert, wobei die Wahl als männlicher oder weiblicher Partner austauschbar ist (Tabelle 36). Üblicherweise wird der weibliche Partner zuerst geschrieben.

**Tab. 36** Zuchtwege in der Vorlaufzüchtung zur Übertragung von quantitativer Resistenz aus Wildarten ins Kulturkartoffelgenom im ILK

- 
1.  $W \times tbr = F1$ ;  $(W \times tbr) \times tbr = BC1$ ;  $((W \times tbr) \times tbr) \times tbr = BC2$ ;  $((W \times tbr) \times tbr) \times tbr = BC3$ ;  $((((W \times tbr) \times tbr) \times tbr) \times tbr) \times tbr = BC4$ ;  $(((((W \times tbr) \times tbr) \times tbr) \times tbr) \times tbr) \times tbr = BC5$ ;
  2.  $F1$ ;  $BC1$ ;  $BC2$ ;  $BC2 \times BC4$ ;  $(BC2 \times BC4) \times tbr$ ;  $[(BC2 \times BC4) \times tbr] \times BC5$  oder  $BC4$ ;  $[(BC2 \times BC4) \times tbr] \times BC5$  oder  $BC4) \times tbr$
  3.  $W \times W = F1a$ ;  $(W \times W) \times tbr = F1b$ ;  $F1b \times tbr = BC1$ ;  $BC2$ ;  $BC2 \times BC2$ ;  $(BC2 \times BC2) = BC3$ ;  $BC3 \times BC5$ ;  $(BC3 \times BC5) \times tbr$ ;  $[(BC3 \times BC5) \times tbr] \times [(BC3 \times BC5) \times tbr]$
  4.  $F1$ ;  $BC1$ ;  $BC1 \times BC4$ ;  $(BC1 \times BC4) \times tbr$ ;  $((BC1 \times BC4) \times tbr) \times tbr$ ;  $((((BC1 \times BC4) \times tbr) \times tbr) \times tbr) \times tbr = BC4$ ;  $(((BC1 \times BC4) \times tbr) \times tbr) \times tbr = BC4$
- 

Zuchtweg 1 entspricht der klassischen Rückkreuzung und ist bei einfach vererbter Resistenz wie Krebsresistenz oder der rassenspezifischen Überempfindlichkeitsresistenz gegen *Phytophthora* (R-Gene) angemessen, bei der in jeder dieser Kreuzungen etwa 50% oder mehr resistente Nachkommen gefunden werden. Dagegen reduziert sich bei polygen bedingter Resistenz der Anteil von Nachkommen mit

Krautfäuleresistenz  $\geq 7$  in Zuchtweg 1 von etwa 95% in der Selbstungsnachkommenschaft der Wildart *S. demissum* über 92% in F1 auf etwa 15% in BC3 und  $<10\%$  in BC4. Soll gleichzeitig Braunfäuleresistenz vorhanden sein, bleiben 1-2% (Darsow 2000). Da besteht kein Spielraum mehr für Auslese auf all die anderen Merkmale. Dieser Zuchtweg ist für polygene Resistenz nicht geeignet – eine vielfach gemachte, selten veröffentlichte Erfahrung, z.B. von Tazelaar (1981). Aus dieser falschen Züchtungspraxis wird dann auch das Urteil über den Wert polygener Resistenz gefällt (Allefs et al. 2005).

Die Zuchtwege 2-4 sind um 1-3 Kreuzungsschritte länger bis zu fast gleichem Abstand zur Wildart, d.h. sie dauern 8-20 Jahre länger. Sie führen jedoch nach Erfahrung in der BAZ im Gegensatz zu Zuchtweg 1 überhaupt zum Ziel. Dabei müssen einige Bedingungen erfüllt werden. Dazu gehört eine erhebliche genetische Diversität des bearbeiteten Zuchtmaterials in der Vorzüchtung, das Vorhandensein diverser resistenter Bestäuber, Überwindung der meist hohen Virusanfälligkeit. Bis zur Erzeugung abgabewürdiger Kreuzungseltern werden vom Beginn mit der Wildart 6-8 Zyklen durchlaufen mit einer jeweiligen Dauer von anfangs 4-5 Jahren, ab BC1 von 7-10 Jahren Jahren. Dabei gelingt im besten Falle die in Abbildung 7 dargestellte Veränderung in Knollengröße und -form. Natürlich sind die Beispiele der Zuchtwege 2-4 vielfach zu variieren. BC2 x BC4 ergibt rechnerisch BC2,8; BC2,8 x tbr führt zu BC3,8. Die Nachkommenschaft von BC3,8 x BC4,5 erreicht BC4 (Darsow 1998a). Auch Selbstungen haben in diesen Zuchtwegen Berechtigung. Während Verteilung und Verlust von „Wildallelen“ der Kulturmerkmale erwünscht sind, soll das gleiche Prinzip bei Resistenzgenen möglichst nicht wirksam werden.

Für die Aussaatjahre 1995 und 1996 wurde analysiert, wie viele Kreuzungspartner aus Nachkommenschaften von Kreuzungen resistent x anfällig, resistent x resistent und Selbstungen von resistenten Klonen ähnlicher Zuchtstufe am Ende der Selektion ausgelesen wurden (Tabelle 37).

**Tab. 37** Ergebnis der Selektion in der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz am Material der Aussaatjahre 1995 und 1996 im ILK Groß Lüsewitz der BAZ

Jahr	Kreuzung	Anzahl der Kreuzungskombinationen	Anzahl von Sämlingen mit			Ausgelesene Kreuzungseltern	
			Inokulation	Krautfäuleresistenz	guten Knollen		resistenten Knollen
1995	resistent x anfällig	21	7896	2648	596	319	0
	resistent x resistent	55	11987	5930	816	582	14
	Selbstung von resistent	27	8162	4605	1190	803	3
1996	resistent x anfällig	22	8099	2603	842	564	4
	resistent x resistent	17	4939	2023	671	426	10
	Selbstung von resistent	4	1915	295	191	143	1
	BC1-BC3 neuer Quellen	46	9848	5515	757	667	19
	BC4, resistent x <i>S. phureja</i>	16	456	-	281	193	6

Aus 21 Rückkreuzungskombinationen des Aussaatjahres 1995, vorwiegend der Stufe BC5 mit durchschnittlich 376 nach Auslese auf Krautfäuleresistenz getopften Sämlingen je Kreuzung, konnte nicht ein Kreuzungspartner ausgelesen werden. Im Jahrgang 1996 blieben aus der gleichen Gruppe bei ähnlicher Sämlingszahl vier Klone zur Kreuzung übrig. Aus Kreuzungen resistent x resistent wurde ein deutlich höherer Anteil neuer Kreuzungspartner ausgelesen. Selbstungen fördern die Auslese resistenter Nachkommen bei rezessiver Vererbung (Friedt & Ordon, 1995), aber das vorliegende Ergebnis deutet nicht darauf hin (Tabellen 37, 38). Jedoch brachte die Bestäubung von tetraploiden BC4 aus *S. demissum* mit *S. phureja* (phu) neben dihaploiden und triploiden Nachkommen einige tetraploide mit verändertem mütterlichem Genom, die sich überdurchschnittlich häufig als neue Kreuzungseltern empfahlen. Aus den Daten in Tabelle 37 lässt sich errechnen, wie viele Sämlinge in den betrachteten Gruppen nötig waren, um einen neuen Kreuzungselter für die nächste Generation zu finden (Tab. 38). In den Rückkreuzungen von BC4-5 waren dafür fast 4000 Sämlinge nötig, bei denen von BC1-BC2 etwa 500, bei den Selbstungen 2500. Dagegen reichten bei den Kreuzungen resistent x resistent 700 Sämlinge, um einen neuen Kreuzungselter zu finden. Auf diploider Valenzstufe ist die errechnete Zahl zu klein, weil zu vorsichtig verworfen wurde. Bezogen auf die einzelnen Kreuzungen fällt der Unterschied weniger deutlich aus, was auch der Rolle spezifischer Kombinationseignung zugeschrieben wird.

**Tab. 38** Anzahl kultivierter Sämlinge in der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz, die in verschiedenen Kreuzungskombinationen nötig war, um einen neuen Kreuzungspartner aus den Aussaaten von 1995 und 1996 zu selektieren

Kreuzungskombination	Nötige Anzahl von Sämlingen um einen neuen Kreuzungspartner auszuwählen aus	
	allen Kreuzungen	aus den erfolgreichen Kreuzungen
BC4-5 x anfällige Sorte	3899	356
Selbstung von BC4-5	2519	563
BC4 x BC4-5	705	316
(F1, BC1-2) x anfällige Sorte	518	170
Erzeugung Dihaploider	91	43

## 5.2. Das Selektionsschema in der Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz

Das Selektionsschema beschreibt den Vorgang der Merkmalerfassung und Reduzierung der ausgesäten Kreuzungspopulationen mit je etwa 800 Samen im Gewächshaus bis zur Auswahl von 0-3 Kreuzungseltern für die Weiterführung der Vorlaufzüchtung oder Nutzung als Vererber in der Sortenzüchtung. Was aus einem Samenkorn hervorgeht, ist bei der Kartoffel genetisch identisch, ein Klon. Das Selektionsschema sollte nicht mit dem Begriff Zuchtschema belegt werden, weil damit der Eindruck verfestigt wird, dass Züchtung und Sortenauslese dasselbe sei. Selektion oder Auslese beginnt manchmal vor der Aussaat mit der Samenauslese nach bestimmten Kennzeichen, im Allgemeinen jedoch danach. Die Auslese lässt sich nach Alter der Kartoffelpflanzen in Jahren systematisieren. Pflanzen des ersten Lebensjahres werden Sämlinge genannt, im zweiten Jahr Einzelstauden oder Sämlingsrams, weil nur eine Knolle je Genotyp im Abstand von 1m zur nächsten ins Feld gepflanzt wird bzw. weil die Knollen einer Kreuzungsnachkommenschaft in zufälliger Folge gepflanzt, als Ramsch zusammengehalten werden. Nur bei Wildmaterial oder BC1 wird Anzucht bzw. Erhaltung und Vermehrung im Gewächshaus bevorzugt. Dem dritten Jahr entspricht der A-Klon. Jedes weitere Jahr rückt im Alphabet einen Buchstaben weiter. D-Klone sind sechs Jahre alt und stehen üblicherweise das 5. Jahr im Feldanbau. Im Folgenden wird ein Selektionsdurchlauf zur Auslese der besten Kreuzungseltern im zeitlichen Ablauf und den jeweils untersuchten Merkmalen dargestellt (Tabelle 39). Angemessene Bedingungen in den Gewächshäusern und auf dem Feld tragen zum Gelingen der Arbeiten bei. Abbildung 73 zeigt den Zuchtgarten.

**Tab. 39** Selektionsschema in der Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz im ILK am Standort Groß Lüsewitz

Jahr	Klonbezeichnung	Untersuchte Merkmale
1	Sämling	Krautfäuleresistenz, Wuchsanomalien, Stolonenbildung, Knollengröße, Knollenform, Augentiefe, Knollendeformation, Braunfäuleresistenz.
2	Einzelstauden	Virusbefall, Blühintensität, Stolonenbildung, Knollenform, Knollengröße, Formschönheit, Augentiefe, Knollenmängel, Schorfbefall, Knollendeformation, Rissigkeit, Fäulen, Braunfäuleresistenz.
3	A-Klon	Gleichmäßigkeit des Auflaufens, Jugendentwicklung, Krautmasse, Selektierbarkeit, Virusbefall, Blühintensität, spontane Beerenbildung, Reifezeit, Befall mit <i>Alternaria</i> , Wuchstyp, Standfestigkeit, Wuchshöhe, Stolonenbildung, Ertrag, Knollengesamteindruck, Knollengröße, Formschönheit, Ausgeglichenheit, Formmangel, Knollenform längs und quer, Augentiefe, Nabel, Schorfbefall, Fäulen, <i>Rhizoctonia</i> -Deformation, <i>Rhizoctonia</i> -Pocken, Schalenfarbe, Schalenbeschaffenheit, Rissigkeit, Fäulen, Eisenfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Fleischfarbe, Braunfäuleresistenz, Eignung für Chips, Nematodenresistenz Ro1, Pa2, Pa3, Stärkegehalt, Blütenfarbe.
4	B-Klon	Gleichmäßigkeit des Auflaufens, Jugendentwicklung, Krautmasse, Selektierbarkeit, Virusbefall PVY, PLRV, PVM, PVS, PVA, PVX, PVS,

Jahr	Klonbezeichnung	Untersuchte Merkmale
		<p>Blühintensität, Blütenfarbe, spontane Beerenbildung, Reifezeit, Befall mit <i>Alternaria</i>, Wuchstyp, Standfestigkeit, Wuchshöhe, AnzahlStängel/Pflanze, Anteil <i>Rhizoctonia</i>-Wipfelroller, Trockentoleranz, Stolonenbildung, Ertrag, Knollengesamteindruck, Knollengröße, Formschönheit, Ausgeglichenheit, Formmangel, Knollenform längs und quer, Augentiefe, Nabel, Schorfbefall, Fäulen, <i>Rhizoctonia</i>-Deformation, <i>Rhizoctonia</i>-Pocken, Schalenfarbe, Schalenbeschaffenheit, Rissigkeit, Fäulen, Eisenfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Fleischfarbe, Einzelknollengewicht, Knollenzahl/Pflanze, Braunfäuleresistenz, Eignung für Chips, Eignung für Pommes frites, Nematodenresistenz Ro1, Ro2, Ro3, Pa2, Pa3, Stärkegehalt, Keimruhe, Rohverfärbung, Gekochterfärbung, Schwarzfleckigkeit, Aussehen nach Kochen, Konsistenz, Zerkochen, Mehligkeit, Geschmack, Speisewert, Kochtyp, Virusresistenz, Krautfäuleresistenz in der Feldprüfung und im Blatttest.</p>
5	C-Klon	<p>Gleichmäßigkeit des Auflaufens, Jugendentwicklung, Krautmasse, Selektierbarkeit, Virusbefall PVY, PLRV, PVM,PVS, PVA, PVX, PVS, Blühintensität, Blütenfarbe, spontane Beerenbildung, Reifezeit, Befall mit <i>Alternaria</i>, Wuchstyp, Standfestigkeit, Wuchshöhe, Anzahl Stängel/Pflanze, Anteil <i>Rhizoctonia</i>-Wipfelroller, Trockentoleranz, Stolonenbildung, Ertrag, Knollengesamteindruck, Knollengröße, Formschönheit, Ausgeglichenheit, Formmangel, Knollenform längs und quer, Augentiefe, Nabel, Schorfbefall, Fäulen, <i>Rhizoctonia</i>-Deformation, <i>Rhizoctonia</i>-Pocken, Schalenfarbe, Schalenbeschaffenheit, Rissigkeit, Fäulen, Eisenfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Fleischfarbe, Einzelknollengewicht, Knollenzahl/Pflanze, Braunfäuleresistenz, Eignung für Chips, Eignung für Pommes frites, Nematodenresistenz Ro2, Ro3, Ro5, Pa2, Pa3, Stärkegehalt, Keimruhe, Rohverfärbung, Gekochterfärbung, Schwarzfleckigkeit, Aussehen nach Kochen, Konsistenz, Zerkochen, Mehligkeit, Geschmack, Speisewert, Kochtyp, Virusresistenz, Krautfäuleresistenz in der Feldprüfung und im Blatttest, Nassfäuleresistenz, Fusarium-Resistenz, Resistenz gegen Krebs 1.</p>
6	D-Klon	<p>Gleichmäßigkeit des Auflaufens, Jugendentwicklung, Krautmasse, Selektierbarkeit, Virusbefall PVY, PLRV, PVM,PVS, PVA, PVX, PVS, Blühintensität, Blütenfarbe, spontane Beerenbildung, Reifezeit, Befall mit <i>Alternaria</i>, Wuchstyp, Standfestigkeit, Wuchshöhe, Anzahl Stängel/Pflanze, Anteil <i>Rhizoctonia</i>-Wipfelroller, Trockentoleranz, Stolonenbildung, Ertrag, Knollengesamteindruck, Knollengröße, Formschönheit, Ausgeglichenheit, Formmangel, Knollenform längs und quer, Augentiefe, Nabel, Schorfbefall, Fäulen, <i>Rhizoctonia</i>-Deformation, <i>Rhizoctonia</i>-Pocken, Schalenfarbe, Schalenbeschaffenheit, Rissigkeit, Fäulen, Eisenfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Fleischfarbe, Einzelknollengewicht, Knollenzahl/Pflanze Braunfäuleresistenz, Eignung für Chips, Eignung für Pommes frites, Nematodenresistenz Pa2, Pa3, Stärkegehalt, Keimruhe, Rohverfärbung, Gekochterfärbung, Schwarzfleckigkeit, Aussehen nach Kochen, Konsistenz, Zerkochen, Mehligkeit, Geschmack, Speisewert, Kochtyp, Virusresistenz, Krautfäuleresistenz in der Feldprüfung und im Blatttest, Naßfäuleresistenz, <i>Fusarium</i>-Resistenz, Resistenz gegen Krebs 1 und 18.</p>

Werden bei den Fäulen nur Nass- und Trockenfäule als häufigste vermerkt, dann enthält die Aufzählung 68 Merkmale, die erfasst und in der Auslese berücksichtigt werden. Die Auswahl der Resistenzquellen beginnt mit mehrjähriger Resistenzprüfung von Wildarten. Nur einige weitere Merkmale können wegen kleiner Knollengröße und –zahl untersucht werden. Neben der *Phytophthora*-Resistenz entscheiden Unterschiede im Virusbefall, der Knollenbildung sowie Fertilität über die Auswahl der „wildern“ Kreuzungseltern zur Samenerzeugung (Abb. 61-63) nach etwa drei Jahren. Mit der Aussaat (Abbildung

74, F1 in Tab. 36) im folgenden Jahr beginnt der nächste Zyklus. Dabei sind mehr Merkmalsuntersuchungen möglich bei erheblich größerer Variation im Vergleich zu Wildartpopulationen. Für manche Qualitätsmerkmale reicht jedoch die Knollengröße oft nicht. Nach Auslese der besten Nachkommen als neue Kreuzungseltern folgen Kreuzungen mit Kulturkartoffeln zur Samenerzeugung, bei deren Aussaat die Suche nach den besten Nachkommen wie bei den nachfolgenden Generationen dem Ablauf in Tabelle 39 folgt. Der Generationenabstand beträgt von nun an 7-10 Jahre. Wie schnell eine Reduzierung der Pflanzenzahl von der Aussaat an erfolgt, wird für ein Aussaatjahr gezeigt (Tabelle 40).

**Tab. 40** Selektion am Beispiel eines Aussaatjahres in der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz im ILK

Jahr	Zahl Klone vorhanden	Gründe des Verwerfens und % verworfener Genotypen (Klone)							Anteil (%) behaltener Klone von Aussaat
		Anfälligkeit gegen		Virusbefall	Krautmerkmale	Blühintensität	Knollenmerkmale	Qualität	
Krautfäule	Braunfäule								
1	30732	60	33	0	3	0	60	-	10,84
2	3330	-	19	2	0	12	70	-	2,24
3	690	-	21	13	7	4	38	33	0,56
4	171	6	7	10	6	8	28	22	0,17
5	52	13	9	2	2	0	12	18	0,08
6	26	15	16	0	0	0	14	21	0,004

Nach Beendigung der Prüfungen verblieben 11 E-Klone zu Kreuzungen, vier davon wurden der Sortenzüchtung angeboten.

In der folgenden Übersicht wird die zeitliche Zuordnung der Prüfungsmethoden bzw. Feldversuche für Erhaltung einerseits und Merkmalsermittlung zur Selektion andererseits gegeben (Tabelle 41). Soweit nicht anders vermerkt, erfolgte der Anbau am Standort Groß Lüsewitz der BAZ. Jedoch wurde der Anbau in Aschersleben auch zur Bewertung z.B. der Krautentwicklung und Fertilität der Klone genutzt.

**Tab. 41** Anbau des Zuchtmaterials für Pflanzguterzeugung und Merkmalsbewertung

Klonalter	Anbau	Spezielle Prüfungen
Sämling	Gewächshaus	Negativselektion auf Krautfäuleresistenz Test der Topfknollen auf Braunfäuleresistenz
Einzelstaude	Feld	Scheibentest auf Braunfäuleresistenz
A-Klon	Feld	Scheibentest auf Braunfäuleresistenz Einzelblatttest
B- bis D-Klon	Feld	Vermehrung : Pflanzguterzeugung, kurze Vegetation, Gesunderhaltung, ELISA-Test. Leistungsprüfung: Natürliche Abreife, direkte Merkmalsbewertungen bzw. Probenahmen für diverse Untersuchungen. Spezieller Anbau zur Braunfäuleresistenzprüfung im Test erntefrischer, ganzer Knollen. Spezieller Anbau zur Krautfäuleresistenzprüfung mit <i>Phytophthora</i> -Inokulation, Windschutz und Beregnung, aber ohne Fungizideinsatz ( <i>Phytophthora</i> -Feld). Feldprüfung auf Virusresistenz in Aschersleben bei natürlicher Infektion, ausgehend von sehr hohen Blattlauspopulationen und mitgepflanzten Infektionsquellen.
C- bis G-Klon	Kreuzungssortiment: Anbau zum Schneiden von Trieben (Stängeln) zum Kreuzen.	
A- bis D-Klon	Wildmaterial, meist F1 bis BC1, Merkmalsbewertung und Erhaltung.	

### 5.3. Anbau und Selektion in der Vorlaufzüchtung des ILK bei Kartoffeln 2006

Nach Erläuterungen zur zeitlichen Abfolge der Merkmalsuntersuchungen und Selektion wird in diesem Abschnitt am Beispiel des Jahres 2006 das Nebeneinander der verschiedenen Aussaat-Jahrgänge beleuchtet, das weitere Informationen über die Durchführung der Vorlaufzüchtung unmittelbar vor einem Wechsel des Bearbeiters bietet. In der Vegetation 2006 waren in den einzelnen Gliedern des bewährten Anbausystems folgende Zuchtklone zu folgenden Prüfungen in angegebenem Umfang im Feld angebaut (Tabelle 42).

**Tab. 42** Feldanbau zur Merkmalsbewertung in der Vorlaufzüchtung von Kartoffeln im ILK Groß Lüsewitz 2006

Material	Anzahl der Zuchtklone	
Leistungsprüfung	169 früh-mittelfrüh	210 mittelfrüh-mittelspät
Braunfäuleresistenzprüfung	169 früh-mittelfrüh	217 mittelfrüh-mittelspät
Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz	179 früh- mittelfrüh	199 mittelfrüh-mittelspät
Vermehrungen (Erhaltungszucht)	181 früh- mittelfrüh	368 mittelfrüh-mittelspät
Wildmaterial (F1, BC1, BC2)		18 Klone
Kreuzungssortiment		271 Klone
Feldprüfung auf Virusresistenz in Aschersleben		379 Klone
Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz zur Markeranalyse		2 x 942 Klone
Vermehrung der Klone für ein Projekt zur Markeranalyse (TASK)		932 Klone

In der dreijährigen Leistungsprüfung standen im Jahre 2006 379 Klone, 386 in der dreijährigen Braunfäuleresistenzprüfung im Test ganzer Knollen, 378 in der dreijährigen Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz (*Phytophthora*-Feld, Abb. 23). Diese Untersuchungen dienen der Bewertung der 68 Merkmale zur Auswahl der Kreuzungseltern in den eigenen Zuchtprogrammen wie der Auslese abzugebender Resistenzvererber. Der Anbaumumfang in Tabelle 42 entspricht bis auf die letzten beiden Zeilen etwa unserem langjährigen Normalmaß.

Ab B-Stamm befanden sich 650 Klone im Vermehrungsanbau (Erhaltungszucht), d.h. sie wurden laufend visuell auf Virussympptome kontrolliert, selektiert und ab Mitte Juli durch Krautabtötung (Abb. 27) auf die Ernte vorbereitet. Das Material der Vermehrung wird an je 10 Knollen im Winter mit ELISA auf Virusbefall getestet und bei mehr als geringem Befall verworfen. Etwa die besten 5% Klone werden in der Gruppe Biotechnologie in vitro erhalten. Im Übrigen werden die Klone nur durch jährlichen Feldanbau erhalten, solange züchterisches oder prüfungsmethodisches Interesse vorliegt oder für Versuche von Kooperationspartnern im Ökoanbau, in Bekämpfungsversuchen oder zu Ausstellungen. Die Erhaltung großer genetischer Diversität an Vererbern für *Phytophthora*-Resistenz erfordert sowohl den Einsatz einer breiten Palette resistenter Klone verschiedener Kreuzungsstufen und Abstammungen wie auch einer Reihe von Sorten als verfügbare Eltern für die verschiedenen Verwertungsrichtungen der Kartoffel.

Wildmaterial enthält vorwiegend F1, BC1 und BC2. Der getrennte Anbau empfiehlt sich wegen späterer Reife und überwiegend hoher Virusanfälligkeit. Ein Kreuzungssortiment steht zum Schneiden von Trieben.

Wichtig für die richtige Auswahl von Kreuzungspartnern war die Feldprüfung auf Virusresistenz in Aschersleben. Neben visueller Bonitur erfolgt ein Nachbau des zweiten und dritten Jahres an Augenstecklingen und Testung mit ELISA. Erfolgreiche Nutzung von Wildarten erfordert am Anfang Kreuzungspartner mit allerhöchster Virusresistenz. Dabei erfordert die Dynamik der Veränderung des Virusspektrums diese Prüfung als Daueraufgabe. Eine Fortsetzung am Standort Quedlinburg erfolgte ab 2007.

Für Untersuchungen mit molekularen Markern auf Kraut- und Braunfäuleresistenz standen vier Populationen mit je 150 bis 320 Nachkommen im dritten Prüfungsjahr. 942 Klone aus vier Populationen wurden in zwei Wiederholungen auf dem *Phytophthora*-Feld inokuliert und 15mal visuell bewertet. In parallelem Anbau waren Pflanzguterzeugung, Reifebonitur und Probenahme zur Braunfäuleresistenzprüfung zu realisieren. Die Pflanzung zeigt Abbildung 75. Der dazugehörige Projektantrag fand

2003-2006 über das BMELV keine Finanzierung, konnte jedoch ab Mai 2007 für die Durchführung der eigentlichen Markerarbeiten über das Wirtschaftsministerium aufgefangen werden (Siehe Abschnitt 7.).

Zur Ernte 2006 war im ILK der BAZ folgender Zuchtaufbau bei Kartoffeln vorhanden: 0 Sämlinge, 1890 Einzelstauden, 341 A-Klone, 234 B-Klone, 57 C-Klone, 52 D-Klone, 220 ältere Klone. Die Reihenfolge entspricht den Anbaujahren zur Merkmalerfassung und Auslese bzw. dem Alter der Klone. Im 7. Jahr (nach Ernte der D-Klone) kann die Auswahl der Kreuzungseltern unter Berücksichtigung aller Merkmale vorgenommen werden und deren Erprobung als Vererber in Kreuzungen beginnen. Tabelle 43 zeigt die Relation der vorhandenen Klone bei wichtigen Merkmalkomplexen.

**Tab. 43** Anzahl tetraploider Klone in der Feldvermehrung 2006 in den Zuchtrichtungen bzw. Unterprogrammen der Vorlaufzüchtung.

	früh bis mittelfrüh	mittelfrüh bis mittelspät
<i>Phytophthora</i> -Resistenz/Speise	68	61
<i>Phytophthora</i> -Resistenz/Veredlung	28	21
<i>Phytophthora</i> -Resistenz/Stärke	24	33
Veredlung, Stärke	4	8
<i>Globodera pallida</i> -Resistenz	9	15
Virusresistenz	8	10

In der Zuchtrichtung *Phytophthora*-Resistenz nimmt die Speiseeignung den vordersten Platz ein vor Veredlung und Stärke. Klone mit *Globodera pallida*-Resistenz werden für Kreuzungen mit *Phytophthora*-resistenten Stärkeklonen gehalten. Ältere Klone mit besonders hoher Virusresistenz werden für Wildartkreuzungen gebraucht.

#### 5.4 Züchterische Hauptprobleme und deren Lösungen

In der Züchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz für Langtaggebiete galt es folgende Hauptprobleme zu lösen:

1. die sehr hohe Virusanfälligkeit der meisten Resistenzquellen zu überwinden,
2. die Kombination der *Phytophthora*-Resistenz an Kraut und Knollen zu realisieren,
3. die hohe Korrelation von Spätreife und *Phytophthora*-Resistenz zu brechen (Siehe 3.1.4.),
4. die *Phytophthora*-Resistenz mit guten Qualitätsmerkmalen zu kombinieren.

Weil die genannten Merkmale polygen oder oligogen bedingt sind, können diese Probleme nicht nacheinander gelöst werden, sondern sie müssen gleichzeitig bearbeitet werden. Gelingende Kombination von quantitativer Resistenz mit guten Verwertungseigenschaften der Kartoffel in der Vorlaufzüchtung stellt eine Voraussetzung dafür dar, dass die Sortenzüchtung diese Resistenz mit mäßiger Heritabilität von angebotenen BAZ-Klonen überhaupt in neue Sorten transferieren will und kann. Daher gingen wir unabhängig vom internationalen Trend eigene Wege einer Langzeitstrategie mit einem eigenen Konzept, das folgende wesentliche Punkte enthält:

1. Auswahl des Wildartklons als Resistenzquelle nach Resistenzniveau an Kraut und Knollen sowie möglichst vielen weiteren Merkmalen vornehmen,
2. Priorität der quantitativen *Phytophthora*-Resistenz vor anderen Merkmalen auch in der zeitlichen Folge der Selektion realisieren,
3. Weitgehende Sicherung kompatiblen Wirt/Pathogen-Verhältnisses durch Inokulation mit Isolaten, die Virulenzgene 1-11 enthalten. Der Einsatz von drei möglichst vitalen Isolaten im Gemisch soll die quantitative Wechselwirkung Klon/Isolat reduzieren und im Falle von Rückmutationen die Pathogenität besser sichern. Gewinn von Isolaten von spät befallenen Klonen im September und deren Test auf dem Testsortiment kann zur Auslese von Isolaten führen, die möglicherweise über V1-11 hinaus weitere Virulenzgene enthalten und im folgenden Jahr zur Inokulation eingesetzt werden.

4. Mehrjährige Anwendung eines gestaffelten Systems von Methoden der Kraut- und Braunfäuleresistenzprüfung, um verschiedene Resistenzkriterien sowie Gewebe-, Umwelt- und Alters-spezifische Ausprägung zu berücksichtigen,
5. Nicht zu scharfe Selektion auf der Basis mehrfähriger Ergebnisse durchführen, Kompromisse in Abhängigkeit von der Zuchtstufe eingehen, Selektionsgrenzen über die Folge von 6-7 Generationen gleitend anpassen,
6. Elternwahl von der ersten Kreuzung an unter Berücksichtigung von 68 Merkmalen vornehmen, deren Wichtung und zeitliche Einordnung entsprechend ihrer Vererbung vornehmen (quantitativ vererbte Merkmale zuerst und mit höherer Priorität verfolgen),
7. Bevorzugung der Kreuzung resistent x resistent, sobald Fertilität und Gesamtheit der Merkmale dies ermöglichen und angemessene Variabilität erwarten lassen,
8. Schaffung einer breiten Basis genetisch verschiedener Rückkreuzungslinien aus verschiedenen *Solanum*-Arten, -Herkünften und -Klonen, um durch Punkt 5 mit genetischer Diversität der Resistenzvererber Erreger-Anpassung an die Resistenz abzuwehren und durch maximale Interaktion von Resistenzgenen untereinander die Effizienz der Abwehr zu erhöhen,
9. Konsequente Trennung von Versuchen (Merkmalsbewertung) und Pflanzguterzeugung, Entfernen kranker Stauden am Beginn ihrer Erkennbarkeit.

Dieses Konzept wurde für diese schwierige Aufgabe entwickelt und konnte am Standort bis zu 35 Jahre angewendet werden. Allein die konsequent integrative Wahrnehmung züchterischer und phytopathologischer Aspekte von Anfang an (keine geteilte Zuständigkeit) führte zu praktischen Erfolgen.

### 5.5. **Priorität der *Phytophthora*-Resistenz vor anderen Merkmalen**

In der Sortenzüchtung stand die Ermittlung der Krautfäuleresistenz in der Vergangenheit im letzten Abschnitt der Merkmalsbewertung, weil die dafür nötigen mehrjährigen speziellen Untersuchungen nur bei aussichtsreichen Sortenkandidaten berechtigt erschienen. Die Qualität der Krautfäuleresistenzprüfung ist in mehreren deutschen Zuchtfirmen deutlich besser als in der Sortenwertprüfung. Braunfäuleresistenz wird in Deutschland seit etwa 15 Jahren sowohl in den Zuchtfirmen als auch zur Sortenbeschreibung nicht untersucht. Auf dieser Grundlage ist das Potential *quantitativer Phytophthora*-Resistenz im Material der BAZ nicht auszuschöpfen und die Erwartung, ein Drittel der Fungizidaufwendungen einzusparen, nicht zu erreichen.

Eine Entscheidung für die Nutzung dieser Resistenzform erfordert für den Teil der Kreuzungen, bei denen *Phytophthora*-Resistenz erhöhte Priorität eingeräumt wird, auch strategische Änderungen im bisherigen Selektionssystem, verbunden mit erhöhten Arbeitsaufwendungen. Sämlingsauslese auf Krautfäuleresistenz wird der Sortenzüchtung nicht empfohlen, aber 2-3-jährige Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz sollte höchsten methodischen Ansprüchen genügen (Siehe 3.1.3., 3.1.4.) und möglichst schon bei A-Klonen parallel zum Zuchtgarten einsetzen. Dabei sollte ein Klon im ersten Jahr mit mindestens drei Pflanzen pro Parzelle stehen, um nicht nur „Randstaudeneffekte“ zu beobachten.

Die polygene Natur der *Phytophthora*-Resistenz erfordert Kompromisse. Da ein geringer Anteil ausreichend *Phytophthora*-resistenter Nachkommen zu erwarten ist, bleiben für Kompromisse bei Prüfung ab C-Stamm in der Sortenzüchtung nur wenige Merkmale übrig, denn am Ende häufen sich Ergebnisse der wichtigsten und schwierigsten, meist polygenen Merkmale. Die Kompromisse sollten sich nach der Vererbungsweise der Gene der Merkmale richten und da fragt sich, ob das Verwerfen z.B. von Ro1-anfälligen Nachkommen vor der *Phytophthora*- Resistenzprüfung ökonomisch ist. Umgekehrt wäre die bessere Folge. Je nach Zuchtrichtung und Sortennähe einer Kreuzung muss bedacht werden, bei welchen Merkmalen Kompromisse eingegangen werden können, die in einer weiteren Kreuzung mäßig *Phytophthora*-resistent x mäßig *Phytophthora*-resistent durch Transgression und Kombination dann in der Sortenzüchtung doch zum erwünschten Ziel führen können. Diese Strategie schließt ein, eine nicht zu kleine Anzahl nicht sortenfähiger Resistenzvererber zu behalten und in Kreuzungen einzusetzen.



Dagegen lassen Sämlingsselektion an Kraut und Knollen im Rahmen der Vorlaufzüchtung keinen Zweifel an der Priorität der *Phytophthora*-Resistenz (Siehe Tab. 40), wobei das Risiko des Verlusts einiger im Alter ausreichend resistenter Individuen in Kauf genommen wird (Siehe 5.2 und 3.). Die Selektionskriterien in anderen Merkmalen liegen bei Wildmaterial niedrig und nähern sich denen der Sortenzüchtung mit fortschreitendem Abstand von der Wildart. Kompromisse werden besonders bei Überwindung von Fertilitätsbarrieren und Kombination genetisch sehr verschiedenen Materials gemacht. Zielführend ist ein mit dem Abstand von der Resistenzquelle steigender Anteil von Kreuzungen resistent x resistent, wobei genetische Diversität von strategischer Bedeutung ist.

### 5.6. Kombination von Kraut- und Braunfäuleresistenz

Hohe quantitative Krautfäuleresistenz kann die Dauer der Sporulation von *P. infestans* am Kraut verlängern und dadurch wie manche Fungizidbehandlung je nach Niederschlagsverteilung zu erhöhtem Anteil von Knolleninfektionen führen (Boyd 1980, Toxopeus 1958). Knollen von Braunfäule-resistenten Sorten werden vor und während der Ernte weniger häufig infiziert, und wenn sie infiziert werden, wachsen aus ihren Pflanzknollen weniger infizierte Stängel als so genannte Primärherde hervor (van der Zaag 1959). Deshalb wurde erhöhtes Niveau der Braunfäuleresistenz in Groß Lüsewitz als Schlüssel zu effektiverer Nutzung der Krautfäuleresistenz betrachtet. Schon Frandsen (1958) wies darauf hin, dass bei der Resistenzzüchtung, der die rassunenabhängige, relative Resistenz zugrunde liegt, die Abwehrleistung der Knollen einen höheren Stellenwert haben muss als bei der Überempfindlichkeit.

Relative Braunfäuleresistenz gilt als selbständiges Merkmal neben der relativen Krautfäuleresistenz, weil gewebespezifische Resistenzausprägung bei der Kartoffel vorliegt und gute Krautfäuleresistenz mit jedem Niveau der Resistenz der Knollen verbunden sein kann (Darsow 1992a). Es liegt nahe, deshalb Resistenzquellen zu verwenden, bei denen diese Kombination bereits vorliegt. In Groß Lüsewitz hatte anfangs die Braunfäuleresistenz im Ausleseschema sogar Vorrang vor der Krautfäuleresistenz. Die Gefahr züchterischer Fehler ist dabei kleiner.

### 5.7. Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und *Globodera pallida*-Nematodenresistenz mit hohem Stärkegehalt

Bodenverseuchung mit dem weißen Kartoffelzystenematoden, *G. pallida* Stone, ist vorwiegend ein Problem in den Stärkekartoffelerzeugungsregionen, entstanden durch Außerachtlassen der gebotenen Fruchtfolge und durch Einschleppung. Der weiße Kartoffelzystenematode bildet an den Wurzeln der Kartoffel weiße Zysten, die 12 Jahre und länger im Boden infektiös überdauern. Die Larven bewirken bei Befall eine Umsteuerung des Stoffwechsels, der sich in starker Entwicklungsverzögerung der Kartoffelpflanze, nesterweisem Kümmerwuchs und Ertragsminderung bis über 50% auswirkt (Mulder & Brinkmann 1996) und die Zystenanzahl im Acker auf mehr als das 10-fache erhöhen. Umweltverträgliche Bekämpfung lässt nur phytosanitäre Maßnahmen und den Anbau resistenter Sorten zu. Resistente Kartoffelsorten wirken als schlechte Wirte, die bei hoher Befallsdichte des Bodens eine Reduzierung um etwa 50% verursachen, bei geringer Befallsdichte jedoch eine Vermehrung bewirken können (Mulder & Brinkmann 1996). Schaderreger und Resistenzreaktion gelten als recht variabel. Zwei Pathotypen von *G. pallida* sind am weitesten verbreitet, Pa2 und Pa3. Daher wird an der Verbesserung der Qualität der durch mehrere Gene bedingten Pa-Resistenz gearbeitet. In der „Beschreibenden Sortenliste“ des BSA von 1998 findet man 4 von 169 Sorten mit Resistenz gegen Pa2, Pa3, 2006 sind es 10 von 214 Sorten, davon 4 ausländische. Neben Resistenz erscheint hohe Toleranz gegenüber dem Nematodenbefall nützlich, die sich in erheblich geringerer Wuchs- und Ertragsbeeinflussung durch Nematoden auswirkt (Lauenstein 1998). Diese Eigenschaft stellt ein weiteres Zuchtziel dar, das wahrscheinlich polygen bedingt ist.

Die sehr sinnvolle Ergänzung der Merkmalskombination von hohem Stärkegehalt mit *Phytophthora*-Resistenz durch Resistenz gegen *Globodera pallida* wurde deshalb in der Vorlaufzüchtung des ILK 1999 eingeleitet. Sorten mit dieser Kombination würden die großen Pflanzenschutzprobleme im Stärkekartoffelanbau entschärfen und werden zu deren Flächensanierung gebraucht. Durch *Phytophthora*-Resistenz sollte sich der Sanierungseffekt der Nematodenresistenz verbessern.

## **6. Ergebnisse systematischer Kombinationszüchtung in verwertungsorientierten Zuchtprogrammen der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz**

Entsprechend den Ausführungen unter 5.2. und 5.3. durchläuft jeder Klon drei Jahre intensiver Prüfung auf 68 Merkmale im 3.-5. Jahr des Feldanbaus mit der Bezeichnung B-, C- und D-Klon. In diese Leistungsprüfung treten jährlich bis 160 Klone neu ein, deren Zahl sich durch Verwerfen jährlich halbiert. Insgesamt wurden 2006 darin 248 Klone der Richtung *Phytophthora*-Resistenz geprüft. Davon lassen sich 133 Klone der Kombination *Phytophthora*-Resistenz/Speiseeignung zuordnen, 44 der Richtung *Phytophthora*-Resistenz/Veredlung und 40 stehen in der Nutzungsrichtung *Phytophthora*-Resistenz/Stärkegehalt. Dabei gibt es Überschneidungen und einen kleineren Anteil von Klonen, die bisher keine Verwertungseignung aufweisen. Auf 30 Klone mit Resistenz nur gegen *G. pallida* sowie das dihaploide Material wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

### **6.1. Ergebnisse der Ausprägung von 21 Merkmalen am Kraut in der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz im Jahre 2006**

In diesem Abschnitt wird der Züchtungsstand von Merkmalen, die für alle Verwertungsrichtungen von Bedeutung sind, im Vergleich zu Standardsorten betrachtet. Die meisten Merkmale wurden in der Leistungsprüfung ermittelt, die die positive Auslese der Aussaatjahre 2001, 2002 und 2003, insgesamt 248 tetraploide und 61 dihaploide Klone der Richtung *Phytophthora*-Resistenz umfasst. Die Darstellung der Häufigkeiten in einzelnen Merkmalsklassen lässt eine gute Einschätzung des erreichten Niveaus zu. Dabei sind alle untersuchten Klone ausgewiesen, auch diejenigen, die aus verschiedensten Gründen vor der Auspflanzung 2007 eliminiert wurden. In diesen drei Jahrgängen sind nur wenige Klone der zweiten bis dritten Rückkreuzungsstufe eingeschlossen, die niedrigere Selektionsschwellen erfordern als das fortgeschrittene Zuchtmaterial der vierten und fünften Rückkreuzungsstufe. Generell wurde das Material nach Reife in zwei Gruppen geteilt angebaut, die getrennt geerntet und bewertet wurden. Früh-mittelfrüh reifende Klone werden in der Kurzbezeichnung als mittelfrüh (mfr.) geführt. Die spätere Gruppe enthält mittelfrüh-spät reifende Klone und wird in Tabellen und Abbildungen als mittelspät (msp.) ausgewiesen.

Die Reifezeit der 248 tetraploiden und 61 dihaploiden *Phytophthora*-resistenten Klone wurde 2006 in der Leistungsprüfung mit drei verschiedenen Methoden ermittelt: Benotung des Verlaufs der Krautvergilbung, Tage von der Pflanzung bis zum Absterben des Krautes, Tage vom Auflaufen bis zum Absterben. Abbildung 76 zeigt die Reifebewertung nach Verlauf der Vergilbung des Krautes in 2006. Die Ergebnisse des tetraploiden Materials werden in zwei Gruppen dargestellt, die dihaploiden Klone wurden zusammengefasst. Abweichungen in der Reife von 2006 zu den Vorjahren traten bei weniger als 10% der Klone bis 1,6 Noten auf. Die Abweichungen betrafen vorwiegend Fusionate, deren Reife im ersten Feldjahr unsicherer einzuordnen ist. Der Mittelwert der 248 tetraploiden Klone betrug 5,2, das ist die Mitte von mittelfrüh. Sogar 6% der *Phytophthora*-resistenten Klone war 2006 früh bis sehr früh (Note 8), 14% galten als früh (Note 7), 20% als früh bis mittelfrüh (Note 6) und 31% als mittelfrüh (Note 5). Nur 10% reiften mittelspät (Note 3) und 19% mittelfrüh bis mittelspät mit Note 4 (Abb. 76). Ein dihaploider Klon erwies sich als sehr spät, ansonsten wurde sehr späte Reife durch Selektion auf Stolonenbildung in frühen Jahrgängen entfernt (Sämling, Einzelstauden). Wildartkreuzungen und erste Rückkreuzung zeichnen sich auch bei uns durch Spätreife aus, werden jedoch getrennt von der Leistungsprüfung angebaut und untersucht. Die Standardsorten erhielten im Mittel aus drei Wiederholungen folgende Reifenoten nach visueller Einschätzung des Verlaufs der Krautvergilbung: Adretta 6,7; Karlana 6,5; Marabel 7,8; Agria 4,5; Jelly 3,4; Steffi 3,8; Kuras 2,9. Es sei vermerkt, dass die Jahreswirkung 2006 als reifebegünstigend anzusehen ist. Es steht außer Frage, dass hinsichtlich der Reifezeit für die Nutzung der Resistenzträger aus der BAZ überhaupt kein Problem besteht (Abbildung 77), obwohl späte Reife in der ausländischen Literatur das Haupthindernis für die Nutzung der quantitativen *Phytophthora*-Resistenz darstellt (Visker 2005, Allefs et al. 2005).

Die Einstufung der Reifezeit nach Tagen vom Pflanztermin bis zum Absterben der Pflanzen wird in Abbildung 78 wiedergegeben. Für die tetraploiden Klone wie für die diploiden errechnete sich ein Mittelwert von 121 Tagen. Für Marabel ergaben sich 105 Tage, für Karlana 107, Adretta 112, Agria 115, Steffi 132, Jelly 139, Kuras 163 Tage. Nur ein Zuchtstamm war später als Kuras.

In der Reifebewertung durch Zählung der Tage vom Auflaufen bis zum Absterben des Krautes (Abbildung 79) ergab sich ein Mittelwert von 93 Tagen für das tetraploide Material und von 90 für die Dihaploiden. Marabel hatte 76 Vegetationstage, Karlena 82, Adretta 91, Agria 87, Steffi 101, Jelly 109, Kuras 131. Nur 3% der tetraploiden Klone in der Leistungsprüfung 2006 der BAZ entsprach Kuras, keiner war später. Beide „objektiven“ Methoden der Tageszählung erfordern höheren Zeitaufwand, korrelierten untereinander im tetraploiden Material mit  $r=0,51$  und im dihaploiden mit  $r=0,96$ . Die Benotung ergab eine Beziehung zu den Tageszählungen von  $r=-0,43$  bzw.  $r=-0,68$  tetraploid und  $r=-0,75$  und  $r=-0,76$  dihaploid. Dabei schließt die Tageszählung alle übrigen Ursachen des Absterbens als Fehler ein, die ein geübter Boniteur bei Bewertung der Vergilbung leichter korrigierend berücksichtigen kann.

Krautfäuleresistenz in der Feldprüfung: Anders als sonst in Mitteleuropa erzielten wir 2006 gut geeignete Resistenzprüfungsergebnisse. In der mittelfrühen Gruppe wurden 120 eigene Klone geprüft (Abbildung 80), in der mittelspäten 113 tetraploide Klone, außerdem 59 eigene dihaploide Klone. Die gesamte Bandbreite der Reaktion von sehr anfällig (Note 1) bis hoch resistent (Note 9) war vertreten (Abbildung 81). Anhand dieser Ergebnisse wurden 31% der mittelfrühen Gruppe, 44% der mittelspäten Gruppe und 66% der Dihaploiden verworfen. Für C- Klone wurde darüber hinaus das Ergebnis von 2005 berücksichtigt und bei D-Klonen von 2005 und 2004. Standardsorten erhielten im Mittel von drei Wiederholungen folgende Bewertung: Erstling 1,9; Gloria 2,3; Karlena 2,1; Marabel 3,4; Adretta 2,4; Tomensa 2,7; Alpha 2,0; Bintje 1,5; Kuras 7,4. Der Vergleich zu den mitgeprüften Standards unterstreicht das hohe Bekämpfungspotential der *Phytophthora*-Resistenzzüchtung im ILK.

## 6.2. Weitere Merkmale des Krautes während der Vegetation

Während der Vegetation wurde eine Reihe von Merkmalen am Kraut bewertet. Tabelle 44 zeigt die Verteilung von 125 früh-mittelfrühen tetraploiden *Phytophthora*-resistenten Klonen (4x mfr.), 123 mittelspäten (4x msp.) und 61 dihaploiden Klonen auf die Merkmalsklassen. In der Gleichmäßigkeit des Auflaufens erhielten die Standardsorten Noten von 4,7 bis 7,5. Im Vergleich zu Sorten besteht meist kein deutlicher Unterschied. Die Jugendentwicklung der Standards wurde wie folgt benotet: Karlena 6,8, Marabel 5,2, Adretta 7,8, Agria 6,3, Jelly 5,8, Steffi 4,5. Es kann in beiden Merkmalen kein Defizit zum Sortenniveau festgestellt werden. Langsamere Jugendentwicklung der Dihaploiden ist unvermeidlich, jedoch in der Ploidiestufe aus internationalen Vergleichen als günstig zu werten. Reiche Krautentwicklung mit Noten 8 oder 9 wird aus ertragsphysiologischen und epidemiologischen Gründen (Mikroklima, Blattfeuchtedauer) nicht angestrebt. Note 6 kann als Zuchtziel gelten. Die Standardsorten erhielten 4,7-6,0. Erfreulich ist auch das erreichte Niveau bei den Dihaploiden.

Selektierbarkeit auf Virusbefall stellt ein wichtiges Merkmal dar, solange visuelle Selektion in der Pflanzguterzeugung ausgeübt wird. Note 4 erschwert das Erkennen schon deutlich, Noten 6 und besser erhöhen die Sicherheit der Selektionsentscheidung erheblich. Die Standards wurden mit 4,0-6,3 bewertet. Besonders bemerkenswert ist das verbesserte Niveau der Dihaploiden im Vergleich zu früher.

Fertilität der Zuchtklone stellt eine Grundvoraussetzung für die Nutzung durch Kreuzung dar. Entsprechend werden schwach blühende Klone mit Blühintensität 2 und 3 nur in Ausnahmen behalten, nicht blühende verworfen. Zur Kombination mittels Protoplastenfusion eignen sich auch Nichtblüher. Die Standards blühen mit Intensität 2,3-5,0. Insbesondere bei der Züchtung auf diploider Stufe stellen fehlende Blühwilligkeit und geringer spontaner Beerenansatz als Ausdruck fehlender männlicher Fertilität ein gravierendes Hindernis dar. Ab Beerenansatz mit Note 4 kann väterliche Eignung der Klone erwartet werden. Im tetraploiden Material liegt derzeit bei wenigstens einem Drittel Eignung als Bestäuber vor, dagegen nur bei einem dihaploiden Klon.

**Tab. 44** Anteil Klone (%) der Vorlaufzüchtung in Klassen der Merkmalsausprägung

Material	Note	9	8	7	6	5	4	3	2	
Gleichmäßigkeit des Auflaufens (9 = sehr gleichmäßig)										
P-Resistenz, 4x mfr.		1	13	28	31	17	8	2	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	8	23	35	25	8	1	0	0
P-Resistenz, 2x		0	19	36	20	14	8	3	0	0

Jugendentwicklung (9 = sehr zügig)

Material	Note	9	8	7	6	5	4	3	2	
P-Resistenz, 4x mfr.		8	15	23	27	21	5	1	0	
P-Resistenz, 4x msp.		0	6	27	30	32	5	0	0	
P-Resistenz, 2x		0	0	4	15	37	37	7	0	
Krautentwicklung (9 = sehr massig)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	2	16	45	30	7	0	0	
P-Resistenz, 4x msp.		0	3	19	57	20	1	0	0	
P-Resistenz, 2x		0	0	10	35	36	17	2	0	
Selektierbarkeit auf Virusbefall (9 = sehr gut erkennbar)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	1	10	30	36	22	1	0	
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	13	34	37	15	1	0	
P-Resistenz, 2x		0	0	5	14	54	27	0	0	
Blühintensität (9 = sehr reich)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	2	10	17	28	39	12	2	
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	3	20	33	30	12	2	
P-Resistenz, 2x		0	2	14	24	36	14	8	2	
Spontane Beerenbildung im Feld (9 = sehr reich)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	0	6	6	9	10	22	15	
P-Resistenz, 4x msp.		1	4	2	4	8	17	20	15	
P-Resistenz, 2x		0	0	0	2	0	0	5	4	
Standfestigkeit des Krautes im Feld (9 = sehr standfest)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	1	29	43	18	9	0	0	
P-Resistenz, 4x msp.		0	2	32	48	16	2	0	0	
P-Resistenz, 2x		0	2	13	42	10	25	8	0	
Wuchshöhe des Krautes (9 = sehr hoch)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	3	17	40	30	10	0	0	
P-Resistenz, 4x msp.		0	2	34	52	11	1	0	0	
P-Resistenz, 2x		0	0	14	33	41	12	0	0	

Standfestigkeit des Krautes vermittelt kürzere Blattfeuchtedauer, weniger Bodenkontakt und bessere Lichtausnutzung - Vorteile hinsichtlich des Krankheitsbefalls und der Ertragsbildung. Dieses Merkmal wird in den Sortenbeschreibungen meist nicht ausgewiesen. Im Hinblick auf erwartete Klimaänderungen wird es jedoch seit längerem in der BAZ erfasst und berücksichtigt, es sollte zukünftig an Bedeutung gewinnen. Die Bewertung muss zeitlich nach der Reife gestaffelt werden. So gelang es, dass die Daten in Tabelle 44 nur gering mit der Reifezeit korrelierten ( $r = -0,39$ ). Der Mittelwert des tetraploiden Materials liegt vor der Selektion des Jahres 2006/07 mit Note 6,0 zwischen mittel und gut.

Wuchshöhe 9 oder 8 sind nicht erwünscht, Höhe 7 erfordert mindestens Standfestigkeit 7, um nach stärkerem Wind nicht vorzeitig zu lagern. Sowohl im 4x- als auch 2x-Material sind die Erwartungen sortennahen Niveaus erfüllt (Tabelle 44). Die Standardsorten erhielten Noten von 4,0-5,8.

Befall mit *Alternaria* trat im Jahre 2006 wegen des warmen, trockenen Sommers stärker auf als üblich. Tau, Nebel und Wärme förderten die Infektion. Bei fortschreitender Reife trat häufig *Botrytis* hinzu. Wegen gehäuft gemeinsamen Befalls und ineinander fließenden Symptomen wurden beide Krankheitsbilder zusammenfassend benotet (Abbildung 82). Die mittelspäte Gruppe wurde stärker befallen (Abbildung 83). Dennoch erwies sich kein nennenswerter Zusammenhang zur Reifezeit, egal nach welcher Methode die Reife bestimmt wurde ( $r < 0,1$ ). Noten von 2-9 wurden in allen drei Materialgruppen vergeben, so dass Negativselektion (Note 2 und 3) ratsam erschien. Die Standardsorten erhielten

folgende Befallsnoten: Karlena 4,3; Marabel 6,2; Adretta 5,7; Agria 2,3; Jelly 4,5; Steffi 5,2; Kuras 5,5 in der 9stufigen Skala mit Note 9 für Befallsfreiheit.

Blatttyp (Note 1) und Stängeltyp (Note 5) stellen die Extreme des Wuchstyps dar. Beide entsprechen nicht dem Zuchtziel, sondern ein mittlerer Typ mit Note 2-3 im früh reifenden und 2,5-4 im späten Segment. Lichtnutzung, Beikrautunterdrückung und Kraut/Knollen-Relation hängen damit zusammen. Die Standardsorten wurden mit 2,2-3,0 bewertet. Die Klone des ILK entsprechen der Zielstellung (Tabelle 45).

**Tab. 45** Anteil Klone (%) der Vorlaufzüchtung in Klassen des Wuchstyps

Material	Note	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
P-Resistenz, 4x mfr.		0	4	25	27	31	8	5	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	11	28	44	11	4	2	0
P-Resistenz, 2x		0	0	7	18	50	12	13	0	0

Zu den Faktoren, die Knollengröße, Knollenzahl und Ertrag beeinflussen, gehört die Zahl der Hauptstängel (Stängelzahl) einer Kartoffelpflanze (Tabelle 46). Die sortentypische Ausprägung wird durch die Lager- und Vorkeimbedingungen variiert. Da mehr als 7 Hauptstängel zu hoher Knollenzahl und Kleinknolligkeit führen, sind solche Klone nur für kleinknollige Ware von Interesse. Ähnlich begrenzt erscheint die Eignung von nur 1-2 Hauptstängeln, die Großknolligkeit fördern. Drei bis sechs Stängel entsprechen der Zielstellung für die meisten Verwertungsrichtungen. Agria bildete 1,9 Stängel, die anderen Standards hatten 3,0-4,3 Stängel je Pflanze. Klone mit nur einem Stängel und mit mehr als 9 Stängeln wurden verworfen.

**Tab. 46** Anteil Klone (%) mit folgender Anzahl von Hauptstängeln

Stängelzahl	≥9	8	7	6	5	4	3	2	1
P-Resistenz, 4x mfr.	10	5	6	6	16	24	25	7	1
P-Resistenz, 4x msp.	1	1	3	11	17	25	31	10	1
P-Resistenz, 2x	5	11	14	18	30	16	3	3	0

Die anhaltende Trockenheit im Juli und August 2006 machte Unterschiede in der Trockentoleranz sichtbar, die durch Benoten des Welkegrades am frühen Nachmittag erfasst wurde. Die Noten 8-3 bzw. 7-2 wurden in den drei Gruppen vergeben. Karlena erhielt 6,0; Marabel 4,2; Adretta 4,0; Agria 5,0; Jelly 6,0; Kuras 7,0. Beim tetraploiden Material zeigte sich eine Korrelation zur Reifezeit von  $r = 0,26-0,38$ , beim dihaploiden Material von  $r = 0,70-0,71$ , wobei frühere Reife mit geringerer Trockentoleranz verbunden war. Eine Reifekorrektur der Daten durch Regressionsrechnung würde die Einschätzung der Dihaploiden verbessern. Noten von 2-8 wurden z.B. für Klone der Reife 7 gefunden, eine Diversität, die eine Selektion auf Trockentoleranz erlaubt. 28 Klone wurden 2006 positiv selektiert. Zusätzlich liegt für sechs weitere Klone der BAZ sehr günstige Bewertung aus dem Anbau unter extremer Trockenheit in Aschersleben vor. Systematische Züchtungsarbeit zur Kombination von Trockentoleranz mit anderen wichtigen Merkmalen würde geeignete Methodik zur jährlich sicheren Bewertung der Trockentoleranz benötigen. Die hier vorgelegten Ergebnisse zeigen vorhandene Diversität hinsichtlich Trockentoleranz im Zuchtmaterial der BAZ auch in Kombination mit *Phytophthora*-Resistenz (Abbildung. 84).

Ein Zuchtgarten mit Vielfalt in der Blütenfarbe lässt auf genetische Diversität schließen. Im fortgeschrittenen Zuchtmaterial der BAZ ist eine breite Farbpalette vertreten, wengleich weiß überwiegt (Tabelle 47). Die Blütenfarbe wird zur Identifikation eines Klons sowie dem Erkennen von Vermischungen herangezogen.

**Tab. 47** Anteil Klone (%) mit verschiedenen Blütenfarben

Farbe	weiß	sehr hell-violett	hell-violett	violett	hell-blau	blau-violett	blau	rosa-violett	rosa
P-Resistenz, 4x mfr.	62	4	10	9	4	5	3	1	2
P-Resistenz, 4x msp.	55	6	17	5	5	8	1	1	2
P-Resistenz, 2x	54	0	0	24	8	6	2	0	6

Virusbefall beeinträchtigt z. T. in dramatischem Ausmaß die Vitalität einer Kartoffelpflanze. Das gilt in besonderem Maße für Wildarten und deren Kreuzungsnachkommen, vor allem im Hinblick auf PLRV und PVY. Möglichst keinen Virusbefall zuzulassen dient der Effektivität der Kreuzungsarbeit, der Qualität der Bewertung anderer Merkmale, der Minimierung des erforderlichen Anbaumumfangs sowie der Erhaltung langer Lebens- und Nutzungsdauer eines Zuchtklons. Darüber hinaus erfordert der Anbau in der EU-anerkannten Gesundheitslage, in der sich die Anbauflächen der BAZ befinden, den Nachweis gesunden Pflanzguts und die Unterschreitung des erlaubten, sehr niedrigen Höchstbetrags durch laufende Bereinigung des Zuchtgartens von viruskranken Pflanzen. Diese Selektion ist nur hilfreich, wenn sie in frühem Stadium der Symptomentwicklung durchgeführt wird. PVS bleibt weitgehend außerhalb der Betrachtung, weil diese Virose meist visuell nicht eindeutig erkennbar, auch durch Kontakt übertragbar und wirtschaftlich von geringer Auswirkung ist. Die Angaben aus der Vermehrung für insgesamt 316 Zuchtklone, die nur *in vivo* erhalten werden, also ohne Rückgriff auf virusfreie *in vitro*-Pflanzen, zeigen nach hoher Intensität des Blattlausflugs in 2006 eine gute Ausgangssituation für 2007 (Tabelle 48). Bei vorliegendem Resistenzniveau und gesunder Nachbarschaft kann ein Klon mit bis zu 2/10 PVY- oder 5/10 PLRV-befallenen Pflanzen gesundselektiert werden. Jedoch wird dies nur in Ausnahmen versucht, um erwünschte Kreuzungen durchzuführen. Anders als beim fortgeschrittenen Zuchtmaterial, auf das sich die Angaben in Tabelle 48 beziehen, ist Virusbefall bei Erschließung neuer Resistenzquellen die Hauptursache für Materialverlust. Unter den einzelnen Viren dominierte bisher PVY. Seit 4-5 Jahren nimmt PLRV wieder deutlich zu. PVM kommt nur bei wenigen Klonen vor. Das PVA-Antigen zeigte in vergangenen Jahren Kreuzreaktion mit PVY, in 2006 waren dagegen nur wenige Klone befallen. Die Ergebnisse zeigen, dass die hohe PVY-Anfälligkeit der zugrunde liegenden *Phytophthora*-Resistenzquellen auf dem Zuchtwege erfolgreich verdrängt wurde. Die Standardsorten waren unter gleichen Bedingungen zu 50-100% mit PVS befallen, Agria außerdem mit 17% PVY, Kuras mit 22% PVA.

**Tab. 48** Anteil Klone (%) in Klassen des Virusbefalls im Pflanzgut der Ernte 2006

Material	Virusbefall bei 10 mit ELISA getesteten Pflanzen									
	ge-sund	≤20% PVY	>20% PVY	≤20% PLRV	>20% PLRV	10-30 PVS	31-80 PVS	>80% PVS	10-50% PVM	PVA
P-Resistenz, 4x mfr.	30	8	0	4	5	27	21	22	0	4
P-Resistenz, 4x msp.	27	6	2	6	1	20	27	25	5	6
P-Resistenz, 2x	41	5	4	6	14	24	18	15	0	6

Kreuzungspartner mit hoher Virusresistenz stellen eine elementare Voraussetzung für effiziente oder überhaupt gelingende Wildartnutzung dar, sowohl für die *Phytophthora*- als auch die *Gobodera pallida*-Resistenz. Die BAZ hat Klone, die seit 30 Jahren im ununterbrochenen Nachbau (Parzellenanbau) nur durch visuelle Selektion virusfrei blieben und dadurch wertvolle Kreuzungspartner für Artkreuzungen oder die erste Rückkreuzung darstellen.

### 6.3. Ergebnisse der Ausprägung von 17 Merkmalen an den Knollen in der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz im Jahre 2006

Dieser Abschnitt berücksichtigt Knollenmerkmale, die nicht zweckmäßiger in Zusammenhang mit der Verwertungsrichtung erörtert werden, sondern für Speise-, Stärke- und Veredlungskartoffeln von ähnlicher Bedeutung sind.

Braunfäuleresistenz im Test erntefrischer, ganzer Knollen: Untersucht wurden 124 frühe bis mittelfrühe und 125 mittelfrühe bis mittelspäte tetraploide Klone sowie 57 Dihaploide (Abbildung 85). Von hoch resistent bis sehr anfällig reagierten die Prüflinge, jedoch begünstigten die Vegetationsbedingungen die Abwehrleistung in 2006. Die Standardsorten verzeichneten folgende Ergebnisse: Adretta 2,5; Karlana 5,8; Marabel 3,3; Jelly 4,0; Steffi 6,4. Daraus ergibt sich, dass tetraploide *Phytophthora*-Resistenzvererber aus dem ILK eine erhebliche Verbesserung des Abwehrverhaltens an Kraut und Knollen in neuen Sorten bewirken können. Das Resistenzniveau der Dihaploiden war überwiegend unzureichend.

**Braunfäuleresistenz im Scheibentest:** Ergebnisse dieses Tests werden in der Selektion der B- bis D-Klone in Zusammenhang mit der Resistenz erntefrischer, ganzer Knollen berücksichtigt, denn die Abwehrleistung der Schale ist unter unseren Bedingungen praxisrelevanter als die Geweberesistenz des Marks. Ein Drittel bis die Hälfte der tetraploiden Klone zeigt erhöhte bis fast sehr gute Resistenz (Abbildung 86), während Adretta Note 3,3 erhielt, Karlena 3,6; Marabel 3,4; Agria 3,6; Jelly 3,9 und Steffi 5,8. Die Kombination der Resistenz von Mark und Schale gilt als epidemiologisch wertvolle Ergänzung der Krautfäuleresistenz (Darsow 2004/5 a).

Sowohl Eisenfleckigkeit als auch Hohlherzigkeit und Rissigkeit traten 2006 unterdurchschnittlich auf (Tabelle 49). Die Standardsorten zeigten diese Mängel nicht. Die wenigen Klone der Vorlaufzüchtung mit deutlichen Innenfehlern wurden gemerzt.

**Tab. 49** Anteil Klone (%) mit äußeren und inneren Knollenmängeln

Anteil (%) des Mangels im Erntegut	0	1-4	5-9	10-14	15-19	20-24	>24
Anteil rissiger Knollen							
P-Resistenz, 4x mfr.	93	4	2	1	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	96	3	1	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x	97	3	0	0	0	0	0
Anteil hohlherziger Knollen							
P-Resistenz, 4x mfr.	92	4	2	2	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	89	5	2	4	0	0	0
P-Resistenz, 2x	100	0	0	0	0	0	0
Anteil eisenfleckiger Knollen							
P-Resistenz, 4x mfr.	94	0	0	6	0	2	0
P-Resistenz, 4x msp.	96	0	0	8	0	2	0
P-Resistenz, 2x	97	0	0	0	0	0	0

Die sehr warme und durch lange anhaltende Trockenheit geprägte Vegetation 2006 führte im Zuchtgarten zu Erträgen unter 50% des Normalen. Etwa 60% der tetraploiden resistenten Klone erreichten weniger als 600g pro Stauden, 72% der dihaploiden Klone blieben unter 300g je Pflanze (Abbildung 87). Entscheidend ist der Vergleich mit den Standardsorten: Karlena brachte 609g, Marabel 610g, Agria 665g, Jelly 710g, Kuras 949g. Immerhin 42% der tetraploiden Klone der Vorlaufzüchtung hatten 600-1000g je Pflanze. Damit besteht im Ertrag zumindest keine große Distanz zu den Sorten.

Natürlich hatte die Trockenheit auch Auswirkung auf die Knollenzahl, die gebildet wurde. Der Anteil der Klone mit 7 bis 20 Knollen pro Stauden wurde in Abbildung 88 dargestellt. Die Knollenzahl ist weit gefächert, bei der mittelspäten Gruppe kleiner als bei der frühen. Am stärksten reduzierten die Dihaploiden jahresbedingt den Knollenansatz. Auch die Standardsorten kamen nicht auf übliche Knollenzahl: Karlena 10 Knollen, Marabel 9, Agria 6, Jelly 8, Kuras 10. Fast die Hälfte der resistenten Klone bildete mehr als 10 Knollen, die entsprechend kleiner blieben.

Mehr als die Hälfte der tetraploiden Klone des ILK erreichte die Knollengröße der Standardsorten: Karlena 6,3; Marabel 6,7; Agria 7; Jelly 7,2 und Kuras 7,5 (Tabelle 50). Verbesserung der Knollengröße für Speise und Veredlung bleibt auf der Wunschliste der weiteren Bearbeitung.

Zwei Drittel der frühen Gruppe und die Hälfte der mittelspäten Klone der Leistungsprüfung wurden im Gesamteindruck der Knollen mit gut eingestuft. Die Standards wurden folgendermaßen bewertet: Karlena 6,0; Marabel 7,5; Agria 7,2; Jelly 8,0 und Kuras 5,5. Das Niveau auch der besten Sorten wurde vereinzelt erreicht. In der Ausgeglichenheit der Knollen wurden die Standards und 10-20% der tetraploiden Klone mit 6-7 benotet. Der Anteil kleiner Knollen war oft zu hoch. Tabelle 50 enthält allerdings die Klone aller Verwertungsrichtungen vor den Selektionsentscheidungen zum Anbau 2007.

Schönheit der Knollenform hat technische Nützlichkeit und eine werbewirksame Seite. Die Standardsorten erhielten: Karlena 5,8; Marabel 7,8; Agria 7,0; Jelly 8,2; Kuras 5,0. Über alle Zuchtrichtungen bekamen 60% der frühen und die Hälfte der mittelspäten Gruppe wenigstens Note 7 und zeigten damit Sortenniveau, bei den dihaploiden Klone erreichte ein Drittel diese Stufe (Tabelle 50).

Knollenform längs mit Note 6-7 wird für Pommes-frites-Erzeugung gewünscht, ein Fünftel des tetraploiden Materials hatte in 2006 Note 6. Ovale Form dominiert. Bei den Sorten zeigte sich folgende Knollenlänge: Karlena 4,0; Marabel 6,0; Agria 6,0; Jelly 5,7; Kuras 4,0. Voll ausgefüllte Knollen zeigen sich in der Knollenform quer rund. Dieses Merkmal war bei den untersuchten Klone nahe dem Zuchtziel ausgeprägt. Die Standardsorten erhielten: Karlena 6,8; Marabel 7,3; Agria 7,0; Jelly 7,3; Kuras 7,0.

Formmängel wurden bei den resistenten Klone überwiegend mit Note 7 und 6 bewertet, während Karlena 5,5 erhielt, Marabel 7,8; Agria 7,5; Jelly 8,0; Kuras 5,0 (Tabelle 50). Damit ist Sortennähe gewährleistet.

In der frühen Gruppe war die Augentiefe deutlich günstiger ausgebildet (81%  $\geq 6$ ) als in der späten (66%  $\geq 6$ ). Karlena erhielt Note 5,2; Marabel 6,7; Agria 7,0; Jelly 7,3; Kuras 5,5. Die Augentiefe im Material der Vorzüchtung ist der Nutzung in der Sortenzüchtung angepasst.

Unauffällige Ausbildung des Nabels reduziert wesentlich Beschädigungen und Infektionen sowie das Anhaften von Erde und den Schälaufwand. Da 86% bzw. 67% der tetraploiden Klone mit  $\geq 6$  benotet wurden, bleiben bei diesem Merkmal kaum Wünsche offen. Standard Karlena erhielt 5,0; Marabel 7,0; Agria 7,0; Jelly 7,2; Kuras 4,0 (Tabelle 50). Wie bei der Augentiefe reichen ungünstigere Werte für Stärkekartoffelsorten wie Kuras aus.

Tiefe, lang anhaltende Keimruhe hält Lagerverluste besonders niedrig, erspart Abkeimen und erleichtert die Auslagerung. Jedoch kann Keimstimulierung erforderlich werden, um damit verbundenem zögerlichem Auflaufen entgegenzuwirken. 67% bzw. 84% des tetraploiden Materials zeigten mittlere bis tiefere Keimruhe, während Karlena mit 4,3 benotet wurde, Marabel mit 4,7; Agria 6,3; Jelly 6,0; Kuras 4,0 (Tabelle 50). Ein Defizit zum Sortenniveau besteht auf tetraploider Stufe nicht.

Nassfäuleresistenz wurde von F. Niepold in der BBA nach der Methode von Langerfeld (1973) untersucht. Seit langem ist bekannt, dass im Material der Vorlaufzüchtung besseres Nassfäuleresistenzniveau zu finden ist als in der Sortenzüchtung (Darsow 1998b, Darsow & Röber 1998, Wegener 2002). Bei Sortenbewertung von 8,1 für Karlena, 4,0 für Leyla, 7,3 für Marabel, 9,0 für Steffi und Kuras und überwiegend hohen bis sehr hohen Noten für die Zuchtstämme hatten die Ergebnisse des Jahres 2006 geringen Selektionswert (Tabelle 50).

**Tab. 50** Anteil Klone (%) in Klassen der Merkmalsausprägung

Material	Anzahl Klone	Note								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
Gesamteindruck der Knollen (9 = sehr gut)										
P-Resistenz, 4x mfr.	79	0	5	68	20	7	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	1	48	43	8	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	0	23	33	34	10	0	0	0
Ausgeglichenheit der Knollen (9 = sehr ausgeglichene Speisefraktion)										
P-Resistenz, 4x mfr.	79	0	1	6	14	19	46	14	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	2	15	24	23	24	12	0	0
P-Resistenz, 2x	30	0	0	0	0	0	40	60	0	0
Knollengröße (9 = sehr groß)										
P-Resistenz, 4x mfr.	79	1	0	12	39	36	12	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	4	20	38	28	10	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	0	0	0	13	70	17	0	0



Material	Anzahl									
	Klone	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Formschönheit der Knollen (9 = sehr schön)									
P-Resistenz, 4x mfr.	79	1	20	39	36	4	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	5	47	43	5	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	10	26	29	29	6	0	0	0
	Form längs (9 = nierenförmig)									
P-Resistenz, 4x mfr.	79	0	0	0	19	46	18	17	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	0	2	19	38	27	14	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	0	0	13	32	23	12	0	0
	Form quer (9 = rund, voll)									
P-Resistenz, 4x mfr.	79	0	28	67	4	1	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	20	71	9	0	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	26	71	3	0	0	0	0	0
	Formmangel (9 = kein Mangel)									
P-Resistenz, 4x mfr.	80	1	18	43	32	6	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	74	0	9	30	45	15	1	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	3	42	16	29	10	0	0	0
	Augentiefe (9 = sehr flach)									
P-Resistenz, 4x mfr.	80	0	16	41	24	18	1	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	3	32	31	26	8	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	16	33	19	22	10	0	0	0
	Nabel (9 = nicht erkennbar)									
P-Resistenz, 4x mfr.	80	0	9	31	46	14	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	1	24	42	30	3	0	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	3	16	29	33	16	3	0	0
	Keimruhe (9 = sehr tief)									
P-Resistenz, 4x mfr.	80	0	0	12	29	26	23	9	1	0
P-Resistenz, 4x msp.	76	0	1	13	32	38	13	3	0	0
P-Resistenz, 2x	31	0	3	3	7	26	35	19	7	0
	Resistenz gegen Naßfäule (9 = sehr resistent)									
P-Resistenz, 4x mfr.	29	52	17	10	7	0	0	7	0	7
P-Resistenz, 4x msp.	24	62	12	9	6	9	2	0	0	0

#### 6.4. Ergebnisse der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und Veredlungseignung

Veredlung beinhaltet bei uns die Untersuchung auf Eignung für Pommes frites und/oder Chips nach Lagerung bei 4°C ohne Rekonditionierung, d.h. ohne Aufwärmphase zur Veratmung des Zuckers vor der Verarbeitung. Die Prüfung auf Eignung für Pommes frites beschränkte sich weitgehend auf Klone mit ovaler bis langer Knollenform.

Veredlungseignung war in den Resistenzquellen nicht vorhanden und wurde erst in den letzten 14 Jahren untersucht. Die Vorbereitung für die Kombination der Veredlungseignung mit *Phytophthora*-Resistenz erfolgte in der Vorlaufzüchtung in Groß Lüsewitz seit Mitte der 1980er Jahre auf tetraploider und diploider Stufe durch H. Tiemann. Ein Ausschnitt der Entwicklung guter dihaploider Kreuzungseltern für Pommes frites-Eignung wird in Tabelle 51 gegeben.

**Tab. 51** Anteil (%) dihaploider B- und C-Klone in den Verfärbungsklassen am Ende des Backprozesses. Die Prüfung erfolgte direkt nach Kaltlagerung bei 4°C (Darsow & Tiemann, 2000).

Prüfungs- Jahr	Anzahl Klone	Benotung der Farbe der Pommes frites								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
1992	250	0	0	1	5	21	28	24	16	5
1993	49	4	6	18	29	23	18	2	0	0
1994	68	0	15	18	21	19	16	9	0	2
1995	47	0	11	11	15	28	23	10	2	0
1996	42	0	0	17	24	33	21	5	0	0
1997	73	0	0	31	39	23	7	0	0	0
1998	85	4	8	31	42	10	5	0	0	0
1999	107	4	18	23	27	13	13	2	0	0

Nach der Ernte 2006 waren 15 tetraploide BAZ-Klone mit *Phytophthora*-Resistenz und Veredlungseignung vorhanden (Tabelle 52). Alle 15 Klone sind nach der Verfärbung im Backtest für Pommes geeignet (Abbildung 89), aber nur 6 sind hinreichend lang wie in Abbildungen 90 und 91, nur 4 gelten als großknollig. Zwei Klone der Tabelle 52 eignen sich außerdem gut als Eltern für Chipskreuzungen (Chips-Note  $\geq 7$ ), acht weitere mit Note  $\geq 5,8$  bedingt (Abbildung 92). Günstige Knollenform für Chipserzeugung zeigt ein Klon in Abbildung 93. In Richtung Stärkeerzeugung bieten sich acht Klone an (Tabelle 52). Die Palette der Reifezeit reicht in der Merkmalskombination mit Veredlung und hoher quantitativer *Phytophthora*-Resistenz von früh bis mittelspät. Auch diese Kombination gelang bisher nirgendwo anders. Krautfäuleresistenz  $\leq 6$  liegt unter der Selektionsgrenze für Resistenzvererber. Darin zeigen sich derzeit erforderliche Kompromisse. Erste Erfolge belegen die Möglichkeit, durch Fortsetzung der Merkmalskombination in der Vorlaufzüchtung die Erfolgchancen der Sortenzüchtung bei der Nutzung von BAZ-Klonen zur Verbesserung der *Phytophthora*-Resistenz im Veredlungssektor zu erhöhen.

**Tab. 52** *Phytophthora*-resistente, tetraploide BAZ-Klone mit Veredlungseignung nach Lagerung bei 4°C

Klon BAZ-GL-	Pommes	Chips	Stärke (%)	Gesamt- eindruck	Form lang	Größe	Schalen- beschaf.	Reife- zeit	Kraut- fäuleresistenz	Braun-
93.7006.02	7,6	6,0	21,1	6,5	5,5	5,8	4,8	4,3	8,0	6,0
94.7222.13	8,0	4,3	22,0	6,7	6,0	5,5	6,5	3,0	7,9	6,3
94.7222.71	7,0	5,8	20,1	6,5	5,3	6,0	6,0	3,2	7,1	7,3
94.7231.14	7,0	4,9	19,9	7,0	5,0	5,7	5,2	4,3	6,8	7,3
96.7421.17	7,0	7,3	21,3	6,5	4,5	6,9	5,8	3,0	7,1	7,9
97.7550.07	7,0	4,0	19,7	6,7	4,0	6,3	4,8	3,8	6,9	7,7
98.7742.01	7,3	6,3	18,4	6,0	6,0	5,8	5,6	4,1	6,9	7,5
99.7930.02	7,0	6,5	22,5	5,8	5,7	6,4	4,5	4,0	8,3	8,0
00.1088.17	7,7	5,8	22,0	7,2	4,5	6,7	6,0	5,1	5,8	8,5
00.1106.04	7,0	6,0	21,9	6,9	5,8	6,2	5,0	3,7	5,8	8,1
00.1106.08	7,0	6,0	20,4	6,1	5,7	6,0	6,0	5,1	5,7	6,2
00.1163.06	7,0	5,3	22,5	6,0	4,5	5,4	5,2	5,4	5,3	7,3
01.1286.15	8,0	7,0	17,8	5,7	5,0	5,0	6,0	6,8	5,0	8,9
01.1303.05	7,5	4,3	22,7	7,0	4,7	6,7	4,3	4,5	5,0	6,5
01.1569.02	7,0	6,3	25,8	6,5	6,3	6,2	5,5	3,6	5,9	8,7

Note 9 = beste Ausprägung, Form lang: 3 = rund, 5 = oval, 7 = lang, 9 = nierenförmig.

Einige der derzeit vorhandenen dihaploiden *Phytophthora*-resistenten Zuchtklone (Abbildung 94) zeichnen sich durch Resistenz und gute Verwertungseigenschaft wie Eignung für Pommes frites (Abbildung 95), Stärke oder Speise aus (Tabelle 53). Sehr gute *Phytophthora*-Resistenz ist oft mit mangelhafter Blühwilligkeit kombiniert. Abbildung 96 zeigt einen Klon mit Reife 6 und hoher

Krautfäuleresistenz, die nur geringen Befall und fast ungestörtes Abreifen unter extremem *Phytophthora*-Infektionsdruck erlaubte. Jedoch liegt keine ausgeprägte Verwertungseignung vor. Resistenz mit Note <6 am Kraut (Tabelle 53) und an den Knollen ist als Kompromiss anzusehen und für Kreuzungen mit anfälligen Partnern selten ausreichend. Mittelspäte bis frühe Reifezeit sind vertreten. Jedoch fehlt allen diesen Klone männliche Fertilität. Deshalb ist effektive Züchtung auf diploider Stufe bisher nicht möglich, sondern nur die Kombination mit Qualität, aber Anfälligkeit.

**Tab. 53** Blühende dihaploide *Phytophthora*-resistente Zuchtklone des ILK in Groß Lüsewitz

BAZ-GL-	Kraut- fäuleresistenz	Braun- resistenz	Pommes- frites	Chips	Stärke- gehalt	Speise- wert	Form lang	Reife- zeit
86.082.01	4,8	7,0	6,0	5,3	21,6	902	4,0	4,9
89.023.66	7,5	5,0	5,0	4,0	18,0	748	5,5	4,8
93.6997.07	8,7	8,1	7,0	5,8	19,3	861	4,7	4,8
94.7171.62	7,0	5,8	5,0	4,8	18,3	737	5,0	3,0
97.0094.01	5,3	6,3	3,0	2,8	14,0	928	4,4	4,4
97.7006.01	8,9	7,2	5,0	6,0	13,8	687	4,3	3,6
99.8142.01	5,7	8,5	5,5	4,5	13,0	769	5,8	6,6
99.8205.01	6,0	8,1	4,5	3,5	12,7	858	5,5	5,3
00.1029.11	6,3	7,1	6,0	5,0	16,7	813	5,0	4,4
00.1070.02	5,1	5,8	6,8	5,3	16,4	660	5,0	3,8
01.1505.02	5,2	6,7	-	4,7	16,8	624	3,0	3,7
01.1536.07	7,9	8,0	-	3,5	15,5	805	4,0	2,9
01.1537.02	8,8	9,0	5,0	4,0	18,6	616	5,0	5,6

Note 9 = beste Ausprägung; Form lang: 3 = rund, 5 = oval, 7 = lang, 9 = nierenförmig, Reife 3= mittelspät, 5 = mittelfrüh, 7 = früh.

Ergebnisse der Veredlungsprüfung an Proben aus der Leistungsprüfung 2006/2007 unterstreichen Erfolge in der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und Pommes-Eignung (Tabelle 54).

**Tab. 54** Anteil der *Phytophthora*-resistenten Klone (%) der Leistungsprüfung 2006 in Klassen der Verfärbung bei Erzeugung von Pommes frites bzw. Chips

Material	Anzahl			Note						
	Klone	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Färbung der Pommes frites (9 = leuchtend goldgelb)										
P-Resistenz, 4x mfr.	61	0	6	15	28	26	23	2	0	0
P-Resistenz, 4x msp.	54	2	11	17	24	24	18	4	0	0
P-Resistenz, 2x	12	0	17	25	25	25	8	0	0	0
Färbung der Chips (9 = leuchtend hell)										
P-Resistenz, 4x mfr.	78	0	0	0	8	24	37	12	13	6
P-Resistenz, 4x msp.	74	0	0	0	3	16	37	20	19	5
P-Resistenz, 2x	31	0	0	0	16	26	55	3	0	0

Klone mit Farbnote 7 eignen sich für die Veredlung, jedoch ist Kombination mit Großknolligkeit und Langknolligkeit ohne Innenmängel wie Eisenfleckigkeit, Hohlherzigkeit u. a. für Pommes frites gefragt. Guter Zuchtfortschritt darin konnte in der Vorlaufzüchtung bisher erzielt werden. Verbesserungen brauchen weitere zielstrebige und komplexe Bearbeitung. Die Kombination von Chipseignung und Resistenz steckt dagegen noch weiter in den Anfängen. Mit besseren Vererbern als bisher aus der Sortenzüchtung wird eine relativ schnelle Entwicklung erwartet, weil weniger Merkmale dabei zu verändern sind.

## 6.5. Ergebnisse der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz, Stärkegehalt und Resistenz gegen *Globodera pallida*

Eine weitere wichtige Verwertungsrichtung der Kartoffel stellt die Stärkeerzeugung dar. Kartoffelstärke ist wegen ihrer besonderen Eigenschaften für einige industrielle Zwecke nicht durch Mais oder Getreide zu ersetzen. Die dominierenden Sorten zur Stärkeverarbeitung reifen spät bis sehr spät, jedoch hat das Angebot mittelfrüher und früher Sorten zugenommen. Obwohl die späten Sorten mit besserer Krautfäuleresistenz beschrieben sind, ist der Fungizideinsatz bei mittlerer bis hoher Anfälligkeit gegen Braunfäule besonders hoch, z. B. 9-12 Behandlungen gegenüber 5-7 in Speisekartoffeln (Hansen et al. 2002). Es fehlt international nicht nur an mittelfrühen bis frühen Sorten mit dauerhafter *Phytophthora*-Resistenz. Da die *Phytophthora*-Resistenz die Ausreifung der Kartoffel sichern hilft, trägt sie indirekt zur Erhöhung des Stärkegehalts bei.

Anfangs spielte der Stärkegehalt in unserer Arbeit keine Rolle, weil Virusanfälligkeit, *Phytophthora*-Resistenzverlust in Rückkreuzungen und fehlende resistente Bestäuber die ganze Aufmerksamkeit erforderten. Erst in den 1990er Jahren erhielt der Stärkegehalt separat in getrenntem Unterprogramm Bedeutung. In der folgenden Übersicht wird die zeitliche Entwicklung der Merkmalskombination Frühreife, Krautfäuleresistenz und Stärkegehalt dargestellt (Tabelle 55, Darsow 2003b). Reife 3 bedeutet mittelspät, 5 mittelfrüh, Note 7 entspricht früh. Für den Stärkegehalt wurde ein Schwellenwert je Reifegruppe angegeben. Die Tabelle enthält in den Spalten die Zahl der Klone mit kleinerem/größerem Stärkegehalt und der zugehörigen Reife und Mindesthöhe der Krautfäuleresistenz.

Anfang der 80er Jahre war das Material spät bis mittelspät. Etwa 15-17 Jahre waren nötig, um in Einzelfällen in der Kombination von Reife 5 zu Reife 7 zu kommen.

**Tab. 55** Anzahl von Klonen des ILK mit hoher Krautfäuleresistenz und hohem Stärkegehalt in den Reifeklassen (Note 9: höchste Resistenz, sehr früh)

Jahr der Aussaat	Reife Krautfäuleresistenz Stärkegehalt (%)	<3 >7 </>21	3 >7 </>20	4 >6.5 </>19	5 >6 </>18	6 >6 </>17	7 >6 </>16
1981		1/1	1/0		0/1		
1982		1/1	5/4	2/1			
1983		2/0	4/1	2/0			
1984		4/0	14/1	3/0			
1985		3/2	1/0	1/0	0/1		
1986			2/0	6/0	3/0		
1987		1/0	6/0		2/1		
1988				2/1	2/0		
1989				1/0	0/3	1/0	
1990		1/0	7/0	5/0			
1991		2/2	7/1	2/1	0/3		
1992		3/0	3/1	2/3	2/1		
1993		4/3	0/7	0/8	0/5	0/5	
1994		2/0	2/7	2/8	4/8	0/3	
1995		1/0	2/0	2/2	2/1		
1996		3/0	4/2	3/2	2/3	2/0	
1997		3/2	6/2	7/5	0/1	2/2	
1998			5/0	4/0	7/1	1/2	1/0
1999		5/4	1/4	11/6	8/5		1/1

Im Rahmen des Verbundprojekts „Genetische Optimierung der Kartoffel als dominierender Stärkelieferant der Bundesrepublik Deutschland durch Züchtung, Zell- und Molekularbiologie“ erfuhr das ILK von 2000 bis 2003 mit Projekt 3143 in der Kombination von Stärkegehalt, *Phytophthora*-Resistenz und Reifezeit Unterstützung. Als Ergebnis wurden vier Klone für die Sortenzüchtung bereitgestellt (Tab. 56). Die ersten beiden Klone sind mittelfrüh, die folgenden mittelspät. Sie übertreffen

die vorgegebenen Zielwerte von 17 oder 19% Stärkegehalt und *Phytophthora*-Resistenz von Note 6,5-7,0. Der vierte Stamm hat nach einjähriger Prüfung auch Eignung zur Erzeugung von Pommes frites nach Lagerung bei 4°C. Drei dieser Klone sind als Bestäuber geeignet. Drei entsprechen 'Tomensa' im Ertrag und Stärkegehalt bei wesentlich höherer Kraut- und Braunfäuleresistenz, aber eine Woche späterer Reife. Drei Klone zeichnen sich durch hohe relative Nassfäuleresistenz aus, einer ist gegen Nematoden (Ro1) resistent, einer gegen Krebs Pathotyp 1. Abbildung 97 veranschaulicht den dritten Klon der Tabelle 57 kurz vor der Aussaat. Einen jüngeren Klon mit nur etwas rauer Schale zeigt Abbildung 98.

**Tab. 56** Charakterisierung (Note 9 = sehr früh, sehr resistent) der über die GFP im April 2002 an die Sortenzüchter abgegebenen Kreuzungseltern des ILK

	Reife	Stärkegehalt %	Krautfäuleresistenz	Braunfäuleresistenz
BAZ-GL-93.7091.8	5,2	21,0	7,7	6,8
BAZ-GL-95.7286.1	4,7	20,3	7,0	7,6
BAZ-GL-93.6984.7	3,7	21,9	7,6	7,8
BAZ-GL-94.7235.3	3,1	23,0	7,7	8,0
Tomensa zum Vergleich	6,0	21,0	3,8	4,1

Im ILK wurden als Resistenzquellen gegen *Globodera pallida* Pathotyp 2 und 3 im ILK Groß Lüsewitz bisher die Sorten Kardent, Stabulo, Kartel und Doret, die dihaploiden Klone BAZ-GL-86. 8485.29, BAZ-GL-86.8489.205 aus *S. gourlayi*, BAZ-GL-86.625.01 (4x), BAZ-GL-94.169.04 (2x) aus *S. spegazzinii*, Cebeco DH 84.161257, Cebeco RH 89.22.10, Cebeco 3778. 16, die diploiden GLKS-99.002.798.255, GLKS-99.002.798.256, GLKS-99.002. 798.257, GLKS-99.002.798.258, GLKS-99.806.001 aus *S. vernei*, GLKS-99.061.941.266, GLKS-99.061.953.001, GLKS-99.061.971.271, GLKS-99.061.971.273, GLKS-99.061.975.279 aus *S. sparsipilum*, GLKS-99.160.2746.001, GLKS-99.160.2759.298, GLKS-99.160.2759.300, GLKS-99.160.2759.301 und GLKS-99.160.2772.319 aus *S. spegazzinii* genutzt.

Im Jahre 2006 vorhandene gute diploide und tetraploide Klone mit *G. pallida*-Resistenz werden in Tabelle 57 in weiteren Merkmalen charakterisiert. Abbildung 99 zeigt einen Klon dieser Richtung. Fünf der acht Klone haben neben hohem Resistenzniveau gegen *G. pallida* gleichzeitig gute *Phytophthora*-Resistenz und hohen Stärkegehalt bei nicht später, sondern mittelfrüher bis mittelspäter Reifezeit. Die Weiterarbeit an diesem Material ist verlockend und viel versprechend. Toleranz gegenüber Befall mit *G. pallida* ist in Zukunft als weiteres Merkmal zu untersuchen. Sie wurde bisher nur bei der Wahl der Sorten als Kreuzungseltern berücksichtigt. Sowohl Samen von etwa 50 Kreuzungen als auch Pollen einiger Klone sind vorhanden.

**Tab. 57** Kreuzungseltern mit Resistenz gegen *Globodera pallida* im Anbau 2006 im ILK

BAZ-GL-	Quelle <sup>1</sup>	Pa2	Pa3	KFR	BFR	Stärke	Pom	Speise-	Ertrag	Form-	Reife
		Zysten/Topf				-(%)	-mes	wert	g/Pfl.	schönheit	
00.1035.01	spg, F1, 2x	0	0	2,5	4,1	20,2	-	748	641	5,5	4,2
00.1076.18	vrn, 4x	2,7	6,2	5,4	6,7	19,2	7,0	951	863	6,9	4,6
00.1079.05	vrn,adg, 4x	0	0,2	5,3	6,7	20,4	-	904	1415	7,4	3,1
00.1113.02	vrn, 4x	0,3	0,8	6,0	7,9	22,3	5,7	779	1229	6,8	4,3
01.1332.02	vrn,dms,stoF1	0	0	9,0	8,5	22,2	3,0	-	602	4,7	5,3
01.1342.02	vrn, oka, BC2	0,5	0	9,0	8,6	20,2	4,0	758	813	5,3	4,2
01.1343.01	vrn, crc, 4x	0,8	0,2	9,0	8,6	20,6	4,0	1085	1433	5,5	4,0
01.1569.02	vrn, 4x	0,3	0	5,9	8,7	25,8	7,0	515	1232	7,0	3,6
01.1573.01	oka, BC2, 4x	3,5	0,5	4,6	5,4	20,7	6,3	908	1208	5,2	2,8

1: adg = *S. tuberosum* ssp. *andigena*, crc = *S. circaeifolium*, dms = *S. demissum*, oka = *S. okadae*, spg = *S. spegazzinii*, sto = *S. stoloniferum*, vrn = *S. vernei*, KFR = Krautfäuleresistenz im Feld, BFR = Braunfäuleresistenz.

Oben genannte neue, diploide Resistenzquellen aus der Lüsewitzer Genbank wurden mit dihaploiden Kulturkartoffelklonen gekreuzt (Abbildung 100), die Samen bisher nur z. T. ausgesät. Einige Teilpopulationen davon wurden auch über die GFP der Sortenzüchtung angeboten.

### 6.6. Ergebnisse der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und Speiseeignung

Die Kombination von quantitativer *Phytophthora*-Resistenz und Speisequalität gilt als die schwierigste züchterische Aufgabe bei Kartoffeln. Für die Darstellung in Tabelle 58 wurden aus den gesamten untersuchten B- bis D-Klonen die Mittelwerte für die Merkmale berechnet, die an der Speiseeignung beteiligt sind. Dabei lassen über die Zeit von etwa 20 Jahren lediglich Mehligkeit und Geschmack wenig Veränderung erkennen. Der Speisewert hat sich im Durchschnitt zu einem Niveau verbessert, das weitgehend als ausreichend bezeichnet wird. Im Kochtyp zeigt sich ein zunehmender Teil besser als C, d.h. nicht mehr zerkochend. Zuchtfortschritt gibt es im Aussehen (Abbildung 101), der Kochverfärbung, dem Zerkochen (Abbildung 101), der Konsistenz, der Blaufleckigkeit (Abbildung 19), Fleischfarbe und Schalenbeschaffenheit. Innere Mängel haben deutlich abgenommen.

**Tab. 58** Speisequalität in der 4. Rückkreuzung an Zuchtklonen des ILK mit Kraut- und Braunfäuleresistenz

Aussaatjahre	1977-81	82-87	88-95	96-99	00-03
Krautfäuleresistenz (1-9)	6,1	6,7	6,9	7,7	7,4
Braunfäuleresistenz (1-9)	7,9	7,5	7,1	7,0	7,4
Index Speisewert (1-9)	3,8	4,1	4,2	4,8	5,7
Kochtyp (A-D)	D	D	D	CD-C	BC-C
Aussehen nach dem Kochen (1-5)	2,6	2,8	3,1	3,1	3,6
Kochverfärbung (1-9)	3,7	3,8	3,7	4,8	5,4
Zerkochen (1-5)	2,9	3,1	3,4	3,3	3,6
Konsistenz (1-5)	3,0	3,1	3,1	3,3	3,6
Mehligkeit (1-5)	2,8	2,9	2,9	3,0	2,9
Geschmack (1-5)	2,9	3,1	3,2	3,1	3,2
Blaufleckigkeit (1-9)	3,5	3,4	4,3	4,8	5,3
Fleischfarbe (1-9)	3,7	4,1	4,6	4,4	4,2
Schalenbeschaffenheit	3,9	4,2	4,9	5,3	5,8
Anteil rissiger Knollen (%)	5,7	5,9	3,4	2,5	1,2
Anteil Knollen mit Eisenflecken (%)	3,2	2,8	3,1	1,4	1,0
Anteil hohler Knollen (%)	8,0	3,3	5,2	7,0	1,8
Klonzahl	21	44	75	26	32

Note 9 bzw. 5 = beste Ausprägung

Einzelne Klone mit gelungener Kombination spielen als Kreuzungseltern eine hervorragende Rolle. Sechs solcher Kreuzungseltern enthält Tabelle 59. Die Klone wurden mit verkürzter Nummer versehen. Je niedriger die Rückkreuzungsstufe, desto kürzer ist der Zuchtweg von der Wildart entfernt. Als Resistenzquellen wurden *Solanum circaeifolium*, *S. okadae*, *S. demissum* und *S. stoloniferum* wirksam. Schon in der 1. und 2.- Rückkreuzung (BC1 bzw. BC2) zeigen sich hier Klone mit mittleren bis guten Speiseeigenschaften. Besonders der 1. und 4. Klon von links fallen positiv auf. Damit ergeben sich neue Spielräume in der Kreuzung *Phytophthora*-resistent x *Phytophthora*-resistent. Befriedigende bis gute Werte erscheinen beim Speisewert, dem Kochtyp, der Kochverfärbung der meisten Beispiele. Sehr hohe Resistenznoten bei Klon 2 und 4 haben bisher das Risiko unsicherer Zuordnung des Resistenztyps. Die Klone 5 und 6 erreichen nicht das Niveau der guten Speisesorte Leyla, sind jedoch als Vererber für *Phytophthora*-Resistenz und Speise geeignet. Sie verbinden mittelfrühe bzw. frühe Reifezeit mit hoher Resistenz an Kraut und Knollen und liegen in der Speiseeignung auf einem sortennahen Niveau (Abbildung 102). Diese Kombination gelang bisher nirgendwo anders. Es ist in Pionierarbeit der Durchbruch erreicht und der praktische Beweis erbracht für das Gegenteil der bis heute gültigen Lehrmeinung und Züchtererfahrung (Siehe Abschnitt 2.4.), jedoch sind die biologischen Möglichkeiten weiterer Verbesserung in kleinen Schritten bei weitem nicht ausgeschöpft.

**Tab. 59** Vererber für *Phytophthora*-Resistenz und Speiseeignung 2006

Zuchtklon BAZ-GL-	7557	Z36.01	7579	7419	264	7784	
Rückkreuzungsstufe	1	1	3	2	4	4	Leyla
Resistenzquelle	sto	crc	sto	oka	dms	dms	-
Krautfäuleresistenz	8,8	8,8	8,1	8,9	7,3	7,4	2,8
Braunfäuleresistenz (ganze Knollen)	7,6	7,9	8,7	7,1	6,8	9,0	4,7
Speisewert (1-9)	6,6	3,0	5,4	7,1	5,6	6,2	6,2
Kochtyp (A-D)	C	A	B	BC	C	C	AB
Aussehen nach Kochen (1-5)	3,4	3,7	3,5	4,3	3,3	3,5	4,1
Geschmack (1-5)	3,6	2,8	3,5	3,7	3,3	3,0	3,4
Kochverfärbung	7,0	4,0	5,0	6,0	5,5	8,0	5,3
Zerkochen (1-5)	3,6	4,2	3,5	3,6	4,0	3,5	4,5
Konsistenz (1-5)	3,5	4,3	4,0	4,3	3,8	3,5	4,0
Mehligkeit (1-5)	2,9	4,0	4,0	3,3	3,0	3,0	3,8
Blaufleckigkeit	4,0	5,3	3,0	6,6	5,2	5,8	6,3
Fleischfarbe	4,8	4,2	3,7	6,3	4,5	5,4	6,7
rissige Knollen (%)	2	0	0	0	6	0	0
Knollen mit Eisenflecken (%)	0	0	0	3	0	0	1
Knollen hohl (%)	5	0	2	0	8	0	1
Reife	3,7	4,5	4,1	5,9	4,5	6,5	6,8
Schalenbeschaffenheit	6,2	6,5	6,2	5,8	6,3	6,0	7,2

Note 9 bzw. 5 = beste Ausprägung

Kochverfärbung beschreibt die Neigung der Kartoffel, bei und nach dem Kochen dunkel bzw. grau zu färben. Es gibt starke genotypische Reaktionsunterschiede bis hin zum Ausbleiben der mit Oxidationen verbundenen Kochdunkelung. In der Prüfung aus der Ernte 2006 war die Kochdunkelung stärker ausgeprägt als in anderen Jahren, auch bei den Standards (Abbildung 103, Abbildung 104). Gute Speisekartoffelsorten erhielten Note 7,5 (Steffi), 5,8 (Marabel), 5,2 (Agria) bzw. 5,3 (Jelly). Adretta wurde mit 4,0 bewertet, Karlena mit 3,2. Nur 8-13% der BAZ-Klone wurden besser als mittel (Note 5) eingestuft. Daraus folgt, dass die Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und geringer Kochverfärbung weiter verbesserungsbedürftig ist. Wenn gute Speisesorten z. T. auch nur mit 5 benotet wurden, ist der vorhandene Abstand durch einen nächsten Kreuzungsschritt befriedigend anzunähern. Die Beispiele in Tabelle 59 sprechen dafür.

Der Speisewert enthält das Aussehen nach dem Kochen, den Geschmack und die Kochverfärbung in einem Index, der in Noten umgewandelt in Abbildung 105 dargestellt ist. Dabei wurden nur die Klone des Unterprogramms der Zuchtrichtung Speise/*Phytophthora*-Resistenz berücksichtigt. Die Standardsorten bekamen folgende Noten: Karlena 4,7; Marabel 6,3; Agria 6,0; Jelly 6,7 und Steffi 6,0. Nur ein kleiner Teil der Vorlaufzüchtung erreicht damit das Niveau guter Speisekartoffelsorten. Weitere Ergebnisse zu Einzelmerkmalen der Speiseeignung enthält Tabelle 60.

**Tab. 60** Anteil Klone (%) in Klassen der Merkmalsausprägung für Speiseeignung bei den Klonen der Zuchtrichtung Speise/*Phytophthora*-Resistenz in der Prüfung des Jahres 2006

Material	Note	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Aussehen nach dem Kochen (5 = sehr gut)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	10	19	35	24	10	2	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	33	33	26	4	4	0	0
P-Resistenz, 2x		0	0	48	28	14	5	0	0	0
Konsistenz gekochter Kartoffeln (5 = sehr fest)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	0	4	24	29	38	5	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	10	33	33	24	0	0	0
P-Resistenz, 2x		0	0	0	10	29	61	0	0	0

Material	Note	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Zerkochen (5 = nicht zerkocht)										
P-Resistenz, 4x mfr.		4	15	17	28	20	11	2	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		2	8	25	26	31	6	0	0	0
P-Resistenz, 2x		14	28	19	10	24	5	0	0	0
Mehligkeit (5 = nicht mehlig)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	0	4	25	26	39	4	2	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	6	8	25	47	14	0	0
P-Resistenz, 2x		0	5	19	33	14	19	10	0	0
Geschmack (5 = sehr gut)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	2	2	35	29	28	4	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	14	31	47	4	4	0	0
P-Resistenz, 2x		0	0	5	15	33	33	14	0	0

Beim Aussehen nach dem Kochen geschälter Kartoffeln werden Homogenität der Fleischfärbung, Glasigkeit des Gewebes, Kochverfärbung, Strukturänderung und Zerkochen berücksichtigt. 29-48% der Klone bekamen Note 4 (gut) oder besser (Tab. 60). Die Standards erhielten folgende Noten im Mittel aus drei Wiederholungen: Karlena 3,1; Marabel 4,4; Agria 4,0; Jelly 4,3; Steffi 4,0.

Die Konsistenz der gekochten Knolle beschreibt die Gewebefestigkeit von gleichmäßig fest (5) bis locker mit sehr festem Kern (1). Etwa zwei Drittel der Klone erwiesen sich nach dem Kochen als locker bis etwas fest, der Rest eher weich. Bei den Dihapliden war der Anteil locker bis weich kochender Klone höher. Den Standards wurden folgende Noten gegeben: Karlena 3,1; Marabel 4,0; Agria 3,8; Jelly 3,8; Steffi 4,5. Damit ist die auf Sortenebene vorherrschende eher feste Konsistenz noch nicht erreicht.

Beim Zerkochen der gekochten Knolle wird die visuell erkennbare Gewebeauflösung erfasst. Wenige Klone hatten glatte Oberfläche behalten (Note 5), ein weiteres Drittel der tetraploiden Klone war gering aufgesprungen (Note 4). Zu stark aufgesprungen und damit zu stark zerkochend für gewerbliche Speisenzugung war gut ein Drittel der ersten beiden Materialgruppen in Tabelle 60. Dagegen schnitten die dihaploiden Klone deutlich günstiger ab. Die Sorten wurden folgendermaßen benotet: Karlena 3,0; Marabel 4,6; Agria 4,0; Jelly 4,8; Steffi 4,5. Etwa ein Drittel der *Phytophthora*-resistenten Klone entsprechen diesem Niveau.

Geringe Mehligkeit wiesen etwa 5% der tetraploiden Klone auf, nicht mehlig war nicht vertreten. Die Standardsorten wurden in 2006 als Jahres- und Standorteffekt allerdings weitgehend als mehlig empfunden: Karlena 2,6; Marabel 3,3; Agria 3,2; Jelly 3,2; Steffi 3,0. Etwa 40% der frühen Gruppe und 60% der mittelspäten Gruppe wurden überwiegend eine halbe Note mehlig eingestuft. Das ist ein Unterschied, jedoch eine züchterisch lösbare Aufgabe. Bei den dihaploiden Klonen lag ein Drittel vor Selektion unter dem Sortenniveau.

Mittlerer Geschmack bei Note 3 kann als Mindestanforderung für Speiseware gelten. Nur ein Drittel der frühen Gruppe, 8% der mittelspäten und die Hälfte der dihaploiden Klone erfüllten diese Anforderung nicht. Die Standardsorten wurden wie folgt benotet: Karlena 3,4; Marabel 3,2; Agria 3,3; Jelly 3,5; Steffi 3,0. Züchterische Verbesserung ist wünschenswert, jedoch steht der Geschmack dabei weniger im Vordergrund als Verfärbung und Aussehen. Ergebnisse weiterer Knollenmerkmale enthält Tabelle 61.



**Tab. 61** Anteil Klone (%) in Klassen der Merkmalsausprägung für Speiseeignung bei den Klonen der Zuchtrichtung Speise/*Phytophthora*-Resistenz in der Prüfung des Jahres 2006

Material	Note	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Formschönheit der Knollen (9 = sehr schön)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	26	46	26	2	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	8	41	49	2	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x		0	10	28	29	28	5	0	0	0
Schalenbeschaffenheit der Knollen (9 = sehr glatt)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	11	41	37	4	7	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	4	30	34	10	22	0	0	0
P-Resistenz, 2x		5	14	29	38	0	14	0	0	0
Rohverfärbung (9 = sehr gut, keine Verfärbung)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	7	6	11	22	39	6	9	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	4	9	21	40	24	2	0
P-Resistenz, 2x		0	5	10	25	20	25	10	5	0
Schwarzfleckigkeit (9 = keine Schwarzfleckigkeit)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	4	9	33	33	12	7	2	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	6	14	44	22	12	2	0
P-Resistenz, 2x		0	7	29	21	22	14	7	0	0
Fleischfarbe (9 = tiefgelb, 1 = weiß)										
P-Resistenz, 4x mfr.		0	0	4	6	37	35	16	2	0
P-Resistenz, 4x msp.		0	0	0	10	20	37	19	12	2
P-Resistenz, 2x		0	0	14	10	29	19	23	5	0
Befall mit Schorf (9 = kein Schorf)										
P-Resistenz, 4x mfr.		72	10	11	7	0	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		60	14	16	10	0	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x		75	15	5	5	0	0	0	0	0
Befall mit <i>Rhizoctonia</i> -Pocken (9 = keine Pocken)										
P-Resistenz, 4x mfr.		84	6	2	2	4	2	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		82	10	2	2	4	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x		75	15	0	10	0	0	0	0	0
Knollendeformation durch <i>Rhizoctonia</i> -Befall (9 = keine Deformation)										
P-Resistenz, 4x mfr.		86	8	4	2	0	0	0	0	0
P-Resistenz, 4x msp.		92	6	2	0	0	0	0	0	0
P-Resistenz, 2x		75	10	5	10	0	0	0	0	0

Formschönheit vermindert Schälabfälle und erhöht die Attraktivität beim Verkauf. Die Standardsorten erhielten: Karlena 5,8; Marabel 7,8; Agria 7,0; Jelly 8,2; Steffi 7,3. Etwa drei Viertel der frühen und die Hälfte der mittelspäten Gruppe bekam wenigstens Note 7 und entsprechen damit Sortenniveau, bei den dihaploiden Klonen erreichte gut ein Drittel diese Stufe (Tabelle 61). Beispiele dafür zeigen die Abbildungen 106-108.

Sehr raue Schale kennzeichnete lange die resistentesten Klone in unserer Vorlaufzüchtung. Dagegen war glatte Schale ein von der Sortenzüchtung konsequent verfolgtes Zuchtziel als Komponente der Kundenwerbung bei Frischware. Infolge dessen war die Schalenbeschaffenheit der Knollen ein Merkmal, das als Zuchtziel in der Vorlaufzüchtung seit etwa sieben Jahren verfolgt wird. Die Sorten wurden folgendermaßen benotet: Karlena 5,2; Marabel 7,5; Agria 6,3; Jelly 6,3; Steffi 6,7. Da 70-90% der

resistenten Klone etwas rau und besser eingestuft wurden (Tabelle 61), besteht im jungen Zuchtmaterial kein Gegensatz mehr zum Konzept der Sortenzüchtung. Auch in diesem Merkmal scheint Kombinationsfähigkeit mit der Resistenz zu bestehen, wenngleich weitere Verbesserung erwünscht ist.

Rohverfärbung wurde seit etwa 20 Jahren in der Vorlaufzüchtung untersucht, aber selektiert wurde nur begrenzt. Note 6 und besser wurde nur bei 13-24% der tetraploiden und 40% der dihaploiden Klone erreicht. Den mitgeprüften Standards wurden folgende Noten gegeben: Karlena 4,1; Marabel 6,7; Agria 4,6; Jelly 4,6; Steffi 4,7. Damit zeigten die meisten Speisesorten 2006 in unserer Prüfung kein besseres Niveau als 34-46% der tetraploiden und 60% der dihaploiden Klone. An der Verbesserung wird weiter gearbeitet.

Schwarzfleckigkeit gehört zu den seit knapp 10 Jahren untersuchten Merkmalen in der BAZ. Es gehört im Komplex der Speisequalität zu den wichtigen und nicht dem Wandel unterliegenden Merkmalen. Es ist erfreulich, dass bereits 46%, 20% bzw. 47% der Klone in den drei Gruppen Note 6 und besser erhielten (Tabelle 61). Die Standardsorten bekamen folgende Noten: Karlena 4,8; Marabel 7,4; Agria 6,2; Jelly 6,2; Steffi 4,8. Das Merkmal scheint weniger stark durch die Vegetationsbedingungen verschiedener Jahre beeinflusst zu werden als andere Verfärbungsreaktionen bei Kartoffeln. Weiterer Fortschritt in der Kombination mit Resistenz braucht Zeit, um in Kreuzungen resistent x resistent wie zur Verbesserung anderer Qualitätskomponenten voran zu kommen, jedoch Beispiele wie Abbildung 109 lassen bereits guten Erfolg erkennen.

Gelbe Fleischfarbe dominiert auf dem deutschen Speisekartoffelmarkt. Entsprechende Noten zeigten die Standards: Karlena 5,0; Marabel 5,7; Agria 5,7; Jelly 6,0; Steffi 6,7. Jedoch sind im Export und für Nischen alle Farbvarianten von Interesse. Hellgelb bis gelb (Note 5) war in diesem Material bei etwa 10% der Klone vertreten. Hellgelbe (5) und gelblich weiße bis hellgelbe Fleischfarbe (4) haben die meisten tetraploiden Klone, die dihaploiden Klone kommen der Erwartung der Sortenzüchtung in der Fleischfarbe nahe (Tabelle 61). Die meisten Resistenzquellen hatten weißes Fleisch. Auch einige verwendete resistentere Sorten waren weißfleischig. Rückkreuzungen mit anfälligen gelben Sorten fielen überdurchschnittlich der Selektion auf Resistenz zum Opfer.

Das Erntegut des Jahres 2006 war nicht überdurchschnittlich mit Kartoffelschorf befallen. Bei den Standards ergab sich folgende Bewertung: Karlena 7,0; Marabel 8,5; Agria 8,0; Jelly 9,0; Steffi 5,2. Zwei Drittel bis drei Viertel der resistenten Klone blieben ohne Befall. Anfälligkeit wurde nur vereinzelt deutlich und selektionswirksam. Ähnliche Konsequenzen gelten für den Befall mit *Rhizoctonia*-Pocken und Knollendehformation durch *Rhizoctonia solani* (Tabelle 61). Bei den Sorten trat Deformation nur bei Karlena auf (Note 7), im Pockenbesatz unterschieden sie sich stärker: Karlena 6,3; Marabel 5,3; Agria 5,0; Jelly 9,0; Steffi 9,0.

## **6.7. Ergebnisse der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und Krebsresistenz**

Der durch *Synchytrium endobioticum* hervorgerufene Kartoffelkrebs gilt als Quarantäne-Krankheit und kann nur durch Resistenzzüchtung und Hygiene begrenzt werden. Feucht-kühle Bedingungen begünstigen den bodenbürtigen Erreger mit lokaler Bedeutung, dessen Gefahr mit Verstoß gegen gute landwirtschaftliche Praxis schnell zur Sperrung für Kartoffelanbau auf Jahrzehnte führt.

Seit 1997 wurde Krebsresistenz in der BBA an je 10 Knollen einer begrenzten Zahl von Klonen aus der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz untersucht.

Einfache Vererbung dominanter Krebsresistenz lässt bei Kreuzungen resistent x anfällig etwa 50% resistente Nachkommen erwarten. Deshalb ist Krebsresistenz ein Merkmal, das erst etwa zwei bis drei Kreuzungsschritte vor der Sortenzulassung ergänzt werden kann. Aus den Ergebnissen der Tabelle 62 geht hervor, dass der größere Teil der *Phytophthora*-resistenten Klone gleichzeitig mit Resistenz gegen Krebsbiotop 1 ausgestattet ist. Von diesen waren wiederum knapp 10% auch gegen Pathotop 18 resistent.

**Tab. 62** Untersuchung von *Phytophthora*-resistenten Klonen der BAZ auf Krebsresistenz in der BBA

Jahr	tetraploide Klone				dihaploide Klone			
	Krebs 1		Krebs 18		Krebs 1		Krebs 18	
	Anzahl unter-sucht	% resis-tent	Anzahl unter-sucht	% resis-tent	Anzahl unter-sucht	% resis-tent	Anzahl unter-sucht	% resis-tent
1997	43	49	0	-	0	-	0	-
1998	36	83	8	50	6	67	1	100
1999	29	66	16	44	20	40	8	12
2000	38	84	16	19	15	47	8	38
2001	34	82	19	10	13	77	8	12
2002	45	27	11	9	23	52	10	40
2003	104	67	15	27	33	45	1	0
2004	143	76	25	8	16	75	4	50
2005	151	73	43	7	19	13	2	0
2006	146	77	41	15	4	75	2	0

Der Frage nach den wahrscheinlichen Quellen der Krebsresistenz nähert sich die Zusammenstellung in Tabelle 63. Für die Art *S. demissum* als Hauptquelle der *Phytophthora*-Resistenz unseres älteren Materials liegen wenige Untersuchungen früher Kreuzungsstufen vor. Insgesamt lassen die kleinen Häufigkeiten kaum sichere Schlüsse zu. Es scheint jedoch, dass die in der Vorlaufzüchtung genutzten Klone von *S. bulbocastanum* und *S. okadae* Resistenz gegen Biotyp 1 hatten. Darüber hinaus stammt sie sehr wahrscheinlich aus Sorten als Kreuzungspartner. Systematische Untersuchung der Wildart oder F1 auf Krebsresistenz war aus Kapazitätsgründen nicht möglich, ist wegen viel zu geringer Knollengröße nicht durchführbar und wegen einfacher Vererbung in unserer Zielsetzung nicht notwendig.

**Tab. 63** Untersuchung von *Phytophthora*-resistenten Wildart-Klonen und deren frühe Kreuzungsstufen mit *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* auf Krebsresistenz gegen Biotyp 1 und 18 in der BBA. Anzahl resistenter/geprüfter Klone.

Art	Krebs	F1		BC1		BC2		BC3	
		1	18	1	18	1	18	1	18
<i>S. demissum</i> (dms)	-	-	-	1/1	-	3/3	-	-	-
dms x <i>S. verrucosum</i>	-	-	-	0/1	-	-	-	-	-
dms x <i>S. stoloniferum</i>	1/1	-	2/2	-	-	-	-	1/1	-
dms x <i>S. polytrichon</i>	1/2	-	1/3	-	2/3	-	-	-	-
<i>S. bulbocastanum</i>	-	-	4/6	1/5	-	-	-	-	-
<i>S. berthaultii</i>	2/2	1/2	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. circaeifolium</i>	1/2	-	2/4	1/4	0/2	1/2	2/3	0/2	-
<i>S. chacoense</i>	0/1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. gourlayi</i>	0/1	0/1	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. okadae</i>	0/1	-	9/9	1/3	11/13	-	-	-	-
<i>S. vernei</i>	1/1	1/1	-	-	-	-	-	-	-

## 6.8. Ergebnisse der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz und Nematodenresistenz

Im Unterschied zur Krebsresistenz hat Nematodenresistenz in der Sortenzüchtung hohe Priorität. Resistenz gegen *Globodera rostochiensis* Ro1 und Ro2 war z.B. bei den Neuzulassungen 2005 zu 100% vorhanden, bei 18% gegen die Pathotypen Ro3 oder Ro4 oder Ro5. Der Zuchtfortschritt in der Sortenzüchtung und Erweiterung des Merkmalsspektrums in der Vorlaufzüchtung führten zu relativ schneller Erhöhung des Anteils kombinierter *Phytophthora*- und *Globodera rostochiensis*-Resistenz (Tabelle 64).

Gegen *Globodera pallida* Pathotyp 2 und 3 wird oligogene Vererbung angenommen. Entsprechend geringer zeigt sich der Zuchtfortschritt. Bedarf an resistenten Sorten entsteht vor allem bei Missachtung der Fruchtfolge, z.B. im Umkreis von Stärkefabriken. Die beschreibende Sortenliste des BSA 2006 enthält 10 Sorten mit Resistenz gegen *G. pallida* in unterschiedlicher Güte. Hier besteht weiterer aktueller Bedarf.

Im Material der Vorlaufzüchtung für *Phytophthora*-Resistenz zeigen die Ergebnisse zunehmende Anzahl von Klonen mit auch dieser Resistenz (Tabelle 64). Der Anteil kombinierter *Phytophthora*- und *Globodera rostochiensis*-Resistenz gegen Ro1 hat auf 41% der untersuchten Klone deutlich zugenommen.

**Tab. 64** Anzahl gegen *Globodera rostochiensis* Ro1, Ro2, Ro3, Ro5 und *Globodera pallida* Pa2, Pa3 resistenter tetraploider (4x) bzw. dihaploider *Phytophthora*-resistenter Klone in den Prüfungsjahren

	Ro1		Ro2,3		Ro5		Pa2		Pa3	
	4x	2x	4x	2x	4x	2x	4x	2x	4x	2x
1997	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	11	2	0	1	0	0	0	1	1	1
2000	5	1	0	1	0	0	2	0	1	0
2001	9	4	0	0	1	0	1	0	-	0
2002	47	9	2	-	2	4	2	2	2	2
2003	79	7	4	0	5	2	4	0	4	1
2004	92	6	10	0	11	1	14	0	14	0
2005	113	4	14	2	15	1	8	0	6	0
2006	139	11	27	1	20	0	20	0	16	0

Eine Analyse der frühen Zuchtstufen deutet darauf hin, dass Nematodenresistenz gegen *Globodera rostochiensis* Ro1, Ro2, Ro3, Ro5 zusätzlich in den Quellen für *Phytophthora*-Resistenz aus *S. berthaultii* und *S. bulbocastanum* sowie in *S. okadae* vorhanden gewesen ist (Tabelle 65).

**Tab.65** Anteil von *Phytophthora*-resistenten Wildart-Klonen und deren frühe Kreuzungsstufen mit *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* mit Resistenz gegen *Globodera rostochiensis* Ro1, Ro2, Ro3, Ro5.

Art	F1			BC1			BC2		
	Ro1	Ro2,3	Ro5	Ro1	Ro2,3	Ro5	Ro1	Ro2,3	Ro5
<i>S. demissum</i> (dms)	1/5	-	-	3/17	1/5	1/5	1/12	0/3	0/1
dms x <i>S. tbr</i> ssp. <i>adg</i>	0/3	-	-	1/3	1/2	0/2	-	-	-
dms x <i>S. hjertingii</i>	0/1	-	-	-	-	-	-	-	-
dms x <i>S. polytrichon</i>	1/3	-	1/3	2/3	0/1	2/3	1/2	-	-
dms x <i>S. stoloniferum</i>	0/6	-	-	2/5	-	-	0/3	-	-
dms x <i>S. verrucosum</i>	0/1	-	-	0/2	-	-	-	-	-
<i>S. berthaultii</i>	8/11	7/10	3/4	-	-	-	-	-	-
<i>S. bulbocastanum</i>	1/1	-	-	8/9	5/6	3/3	0/1	-	-
<i>S. brachystotrichum</i>	-	-	-	1/1	1/1	-	-	-	-
<i>S. circaeifolium</i>	-	-	-	4/5	0/3	-	13/17	1/6	2/5
<i>S. chacoense</i>	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-	-
<i>S. gourlay</i>	0/1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. okadae</i>	1/1	0/1	-	14/14	10/10	4/4	12/13	8/12	11/12
<i>S. vernei</i>	-	-	-	1/1	1/1	1/1	-	-	-

## 6.9. Abgabe von Zuchtmaterial an die Sortenzüchtung in Deutschland und ins Ausland

Der Prozess der Kombination von polygen bedingter *Phytophthora*-Resistenz aus Wildarten mit polygen bedingten weiteren Merkmalen wie Qualität, Ertrag und Reifezeit wird nach Abgabe der besten Vererber an die Sortenzüchtung kontinuierlich weitergeführt. Zwei weitere Kreuzungsschritte im Speise- und Veredlungssektor und eine Kreuzung im Stärkebereich mit den besten BAZ-Klonen werden zu neuen Sorten mit deutlich besserer Resistenz als in den verbreiteten Sorten führen. Auch in der Sortenzüchtung ist diese Zielstellung als schwierig anzusehen. Im Folgenden wurde die bisherige Materialabgabe aus der Vorlaufzüchtung auf *Phytophthora*-Resistenz der BAZ aufgelistet (Tabelle 66).

**Tab. 66** Abgabe von Kartoffel-Zuchtclonen aus der Vorlaufzüchtung für *Phytophthora*-Resistenz des ILK der BAZ an deutsche Zuchtfirmen über die GFP

Jahr	Klone	Ploidie	Merkmale mit besonders guter Ausprägung
1994	4	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen,
1996	3	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen,
	4	4x	Virusresistenz, 2 mit extremer XY-Resistenz,
1997	3	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen,
1999	7	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen,
	3	4x	Virusresistenz
	4	2x	Blattrollvirusresistenz und Speise- bzw. Veredlungseignung
2001	3	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
	2	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Eignung für Pommes frites,
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, hoher Stärkegehalt
	2	4x	Speiseeignung,
	2	2x	Veredlungseignung bei 4°C-Lagerung,
2002	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
	4	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, hoher Stärkegehalt
	2	4x	Stärkegehalt/Virusresistenz,
	3	4x	Veredlungseignung
	1	4x	Veredlungseignung/Resistenz gegen <i>Globodera pallida</i> ,
	2	2x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung
	4	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
2003	2	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Veredlungseignung
	2	4x	Virusresistenz/Speiseeignung,
	2	2x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Veredlungseignung,
	2	2x	Veredlungseignung bzw. Speiseeignung,
	4	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
2004	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Veredlungseignung,
	1	4x	Virusresistenz/Speiseeignung,
	2	2x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
	1	2x	Veredlungseignung, Virusresistenz
	3	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
2005	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Veredlungseignung,
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Stärkegehalt
	4	4x	Veredlungseignung,
	3	2x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, Virusresistenz und <i>Erwinia</i> -Resistenz,
	10	2x	Veredlungseignung,

Jahr	Klone	Ploidie	Merkmale mit besonders guter Ausprägung
2006	5	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Stärkegehalt,
	4	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, Resistenz gegen <i>G. pallida</i> , Veredlungseignung, Stärkegehalt,
	2	4x	Veredlungseignung,
	1	2x	Veredlungseignung,
2007	5	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung,
	2	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speise- und Veredlungseignung,
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Veredlungseignung,
	5	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Stärkegehalt, Veredlungseignung,
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Stärkegehalt,
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Stärkegehalt, Resistenz gegen <i>G. pallida</i> ,
	1	4x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speiseeignung, Resistenz gegen <i>G. pallida</i> ,
	3	4x	Virusresistenz und Speiseeignung, z. T. Veredlungseignung,
	3	4x	Stärkegehalt, Resistenz gegen <i>Globodera pallida</i> ,
	2	2x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Speise- und Veredlungseignung
	1	2x	<i>Phytophthora</i> -Resistenz an Kraut und Knollen, Stärkegehalt
	3	2x	Speiseeignung
	5	2x	Veredlungseignung

Unter 69 tetraploiden *Phytophthora*-resistenten, abgegebenen Kreuzungseltern eigneten sich 27 für die Zuchtichtung Speisekartoffeln, 17 für Veredlung und 18 für Stärke. Darüber hinaus nutzten einige Zuchtfirmen 13 tetraploide Klone mit hoher Virusresistenz, 11 mit Veredlungseignung und fünf mit guter Speisequalität. Von 18 tetraploiden *Phytophthora*-resistenten, abgegebenen Kreuzungseltern im Jahre 2007 reiften drei früh, 10 mittelfrüh und fünf mittelspät, 12 waren resistent gegen Ro1 von *Globodera rostochiensis*, zwei gegen *Fusarium*, drei gegen *Erwinia carotovora*, neun gegen Krebsbiotyp 1, vier wiesen eine bessere Trockentoleranz auf.

Im Projekt 3130 wurden ab 1999 21 dihaploide Klone mit Veredlungseignung nach Lagerung bei 4°C an deutsche Zuchtfirmen abgegeben (Tabelle 5). Wenn auch Knollenform und -größe für Pommes frites meist noch verbesserungswürdig waren, sollte damit eine Hilfe für zukünftige Reduzierung der Acrylamidbildung bei Veredlungsprodukten gegeben sein. Sechs von 12 abgegebenen dihaploiden Klonen mit *Phytophthora*-Resistenz eigneten sich für die Richtung Speisekartoffeln, vier in Richtung Veredlung, einer in Richtung Stärke. Damit wurden den Zuchtfirmen und der Bayerischen Landesanstalt gezielt Partner für Kreuzungen auf diploider Stufe bzw. für Fusionen bereitgestellt. Dihaploide Klone mit Blattrollvirusresistenz waren ausdrücklich gewünscht worden.

An den Mittelwerten der *Phytophthora*-resistenten Klone, die in den genannten Zeitspannen abgegeben wurden, kann für die ausgewiesenen Merkmale der Tabelle 67 die positive Entwicklung in der Vorlaufzüchtung abgelesen werden.

**Tab. 67** Abgabe von Klonen des ILK als Vererber für relative *Phytophthora*-Resistenz an deutsche Kartoffelzuchtfirmen. Mittelwerte 3-4-jähriger Prüfung in Noten 9-1 bzw. %.

Jahr	1975-80	81-85	86-90	91-94	96-97	98-01	02-03	04-05
Zahl der Klone	9	8	15	9	6	17	14	15
Krautfäuleresistenz im Feld	-	-	6,4	6,6	7,3	7,4	7,6	7,4
Krautfäuleresistenz Blatttest	8,4	8,1	7,5	6,0	7,8	7,4	7,6	7,3
Braunfäuleresistenz Scheiben	7,3	7,1	7,4	6,9	6,5	6,3	6,2	6,1

Jahr	1975-80	81-85	86-90	91-94	96-97	98-01	02-03	04-05
Braunfäuleresistenz Ganzknollen	8,0	7,8	7,9	7,6	7,1	6,8	7,4	7,2
Reifezeit	2,8	3,0	3,3	3,3	3,8	4,3	4,6	4,7
Ertrag	4,7	5,0	5,4	6,3	6,4	6,8	6,9	6,6
Jugendentwicklung	4,2	4,7	5,1	5,8	6,0	6,3	5,8	5,2
Schönheit der Knolle	4,6	4,9	5,5	5,8	6,4	6,6	6,3	6,6
Augentiefe	4,3	4,4	4,6	4,8	6,1	6,2	5,9	6,5
Speisewert	3,0	3,5	3,6	4,0	4,6	4,8	5,6	5,2
Stärkegehalt (% , Richtung Stärke)	-	-	-	-	18,9	19,4	20,3	21,9
Stärkegehalt (% , Richtung Speise)	14,9	15,7	16,1	16,4	16,9	16,3	16,0	15,8

Eine ständige Merkmalsverbesserung und damit steigende Eignung als Resistenzvererber für die Sortenzüchtung wurde mit Ausnahme der Braunfäuleresistenz erreicht. Dabei wird das Ergebnis des Scheibentests für weniger praxisrelevant gehalten. Wie weit die Tendenz im Test ganzer Knollen zugunsten der Schalenbeschaffenheit geht, wird die Zukunft zeigen.

Abgabe von Zuchtmaterial ins Ausland erfolgte als Austausch gegen Zuchtmaterial nach eigenem Wunsch. Aus den Niederlanden wurden Klone mit Resistenz gegen *Globodera pallida*, aus Polen wurden zwei dihaploide potentielle Bestäuber mit *Phytophthora*-Resistenz eingetauscht (Tabelle 68). Jedoch entsprachen die Gegenleistungen nicht immer den Erwartungen. Nach eigenen Spielregeln des Austausches blieb dabei der Vorteil inländischer Interessenten gewährleistet.

**Tab. 68** Abgabe von Kartoffel-Zuchtklonen des ILK zu Zuchtzwecken ins Ausland

Klone	Merkmale	Empfänger
2	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, tetraploid	2000, Cebeco Zaden, 8200AC Lelystad, NL
3	<i>Globodera pallida</i> -Resistenz bzw. Veredlungseignung	2002, VIR St. Petersburg, Russland
2	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, Väter	2003, Universität Veszprém, Georgikon Facultät Agricultur, Keszthely, Ungarn
2	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, dihaploid	2003, IHAR Młochow Research Center, Polen
1	Dihaploider Bestäuber	2005, ARC Seibersdorf Research GmbH, A-2444 Seibersdorf, Dr. Trognitz, Österreich

Resistenztransfer aus der BAZ in die Sortenzüchtung erfolgte nicht nur durch fast jährliches Angebot der besten Zuchtklone, sondern in den Jahren 2005 bis 2007 auch durch Abgabe von Samen ausgewählter Kreuzungskombinationen. In 2005 wurden 87 Nachkommenschaften, in 2006 107 Samenfamilien und in 2007 Samen aus 285 Kreuzungen mit 100 bis 6000 Samen angeboten und je nach Interesse in Portionen von 100-900 Samen an einzelne Zuchtfirmen verteilt (Tabelle 69).

**Tab. 69** Abgabe von Kartoffelsamen des ILK an die Sortenzüchtung

Jahr	Zahl Kreuzungskombinationen	Wichtigste Merkmalskombinationen
2005	51	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und Speiseeignung
	14	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und hoher Stärkegehalt
	20	<i>Globodera pallida</i> -Resistenz und hoher Stärkegehalt
	02	Veredlungseignung
2006	60	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und Speiseeignung
	12	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und hoher Stärkegehalt
	15	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, <i>Globodera pallida</i> -Resistenz und hoher Stärkegehalt

Jahr	Zahl Kreuzungskombinationen	Wichtigste Merkmalskombinationen
	13	Dihaploide mit Veredlungseignung
	07	Dihaploide mit neuen Quellen für <i>Globodera pallida</i> -Resistenz
2007	148	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und Speiseeignung
	43	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, Speise- und Veredlungseignung
	02	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, <i>Globodera pallida</i> -Resistenz und Speiseeignung
	09	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und Veredlungseignung
	09	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, hoher Stärkegehalt und Veredlungseignung
	03	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, hoher Stärkegehalt, Veredlungseignung und <i>Globodera pallida</i> -Resistenz
	03	Veredlungseignung
	10	<i>Globodera pallida</i> -Resistenz und hoher Stärkegehalt
	28	<i>Phytophthora</i> -Resistenz und hoher Stärkegehalt
	30	<i>Phytophthora</i> -Resistenz, hoher Stärkegehalt und <i>Globodera pallida</i> -Resistenz.

Anfang 2007 wurden neben 44 Kombinationen im Stadium der 4. Rückkreuzung und 190 der BC5-6 auch 10 Wildartkreuzungen, 15 Kombinationen der ersten Rückkreuzung, 17 der zweiten Rückkreuzung und 9 der dritten Rückkreuzung abgegeben. Von den 285 Samenfamilien enthielt ein erheblicher Teil über die Angaben in Tabelle 69 hinaus weitere Merkmale von Interesse: 203 Resistenz gegen *Globodera rostochiensis*, 111 Krebsresistenz gegen Pathotyp 1, 27 Krebsresistenz gegen Pathotyp 18. In 80 Samenfamilien ist erhöhte *Erwinia*-Resistenz zu erwarten, in 18 erhöhte *Fusarium*-Resistenz. Eine überdurchschnittlich geringe Beschädigungsempfindlichkeit sollte 28 Elternkombinationen auszeichnen. Diese Hinweise, die Abstammung (Eltern) und Zuchtstufe wurden den Interessenten mitgeteilt.

Zur Nutzung des Materials der BAZ durch die Zuchtfirmen wurde während der Sommertagung der „Arbeitsgemeinschaft für Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung in der GPZ“ am 13. Juli 2005 in Groß Lüsewitz durch H. R. Hofferbert ein Situationsbericht gegeben. Bis 41 000 Sämlinge wurden jährlich mit BAZ-Material in der Sortenzüchtung erzeugt. Zwei bis 15 Klone erreichten in verschiedenen Jahren das Stadium des C-Stammes, wovon ein Teil als Kreuzungspartner verwendet wurde und die Untersuchungen weiterlaufen. Das zeigt den Willen, trotz ungünstiger Vererbung Zuchtfortschritt in der *Phytophthora*-Resistenz bei Sortenkandidaten zu erreichen. Besonders positiv wurden folgende Merkmale bei Klonen aus der BAZ hervorgehoben: zügige Jugendentwicklung, gute Krauttypen, gute Kreuzbarkeit, hohe Krautfäuleresistenz im Vergleich zum Material der Sortenzüchtung, das Vorhandensein der Kombination hohe Krautfäuleresistenz mit früher bis mittelfrüher Reifezeit.

Die deutschen Kartoffelzüchter sprachen sich nachdrücklich für die Fortsetzung der Vorlaufzüchtung bei Kartoffeln am Standort Groß Lüsewitz in der BAZ aus. Sowohl integrierter wie ökologischer Anbau werden Nutzen aus der Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz ziehen. Das ILK ist bei Kartoffeln die fast einzige Institution für Materialtransfer aus wissenschaftlicher Bearbeitung in die Züchtung und ein wesentlicher Lieferant von Untersuchungsmaterial für einschlägige Grundlagenforschung.

## 7. Nutzung von Zuchtklonen aus dem ILK in der Forschung

Ein wesentliches Ziel der Vorlaufzüchtung besteht in der stärkeren Nutzbarmachung von *Phytophthora*-Resistenz im Konzept der *Phytophthora*-Bekämpfung in der Kartoffelproduktion, und zwar als Ersatz für etwa ein Drittel des derzeitigen chemischen Mittelaufwandes. Diese Erwartung zu überprüfen, wurde u. a. Material für Bekämpfungsversuche an die BBA (Dr. Wohlleben) und für Probeanbau an besonders interessierte Praktiker im Rahmen von Verträgen abgegeben. Unter 4.4 wurde über Projekte mit der



Universität Tübingen berichtet, bei denen die Expertise in der Resistenzprüfung größeres Gewicht hatte als das Zuchtmaterial.

Transgene Steigerung der meist günstigen *Erwinia*-Resistenz *Phytophthora*-resistenter Klone (Darsow 1998b, Darsow & Röber 1998, Wegener 2002) wurde an vier Klonen vorbereitet, die Weiterarbeit daran von C. Wegener im Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz in Groß Lüsewitz, pausiert seit langem. Jedoch auch in der Grundlagenforschung kamen Resistenzträger aus der BAZ zum Einsatz, so in der TU München bei B. Ros als auch in GABI bei C. Gebhardt über Zuchtfirmen. Einzelheiten weist Tabelle 70 aus.

**Tab. 70** Abgabe von *Phytophthora*-resistenten Kartoffel-Zuchtklonen des ILK für wissenschaftliche Untersuchungen im Zeitraum 2000-2006

Klone	Zweck der Untersuchung	Materialabgabe
19	Wildgenomerkenung mit Markern	1998, Univ. Tübingen, V. Hemleben
5	Transformation von <i>Erwinia</i> -Resistenz	2000, IAS, Groß Lüsewitz, Chr. Wegener
13	Standardklone zur <i>Erwinia</i> - und <i>Fusarium</i> -Resistenzprüfung	2001, BBA Braunschweig, F. Niepold
5	Standardklone zur <i>Erwinia</i> -Resistenzprüfung	2002, BBA Braunschweig, F. Niepold
13	Test auf ein Gen aus <i>S. bulbocastanum</i>	Bioplant, Ebstorf
3	Versuchsmaterial für Pflanzenschutzversuche im Ökoanbau	2003, BBA Braunschweig, Dr. Wohlleben
15	Untersuchung der Bräunung von Chips des Gehaltes an Zuckern und Asparagin sowie der Acrylamidbildung bei Kaltlagerung	2003-2006, Kooperation mit IAS Groß Lüsewitz, H.U. Jürgens
985	Erzeugung von 4 spaltenden Populationen und deren 3jährige Testung auf Kraut- und Braunfäuleresistenz	2001-2006, ILK, Nutzung in TASK
1	Untersuchung von Resistenzursachen	2005, TU München, Lehrstuhl Pflanzen-Züchtung, B. Ros

Wiederholt bestellte sich F. Niepold (BBA Braunschweig) Knollen von Klonen, die er als Standards in Routine-Prüfungen auf *Erwinia*-Resistenz oder für spezielle Untersuchungen einsetzte. Für ein Projekt zur Untersuchung der Acrylamidbildung im IAS Groß Lüsewitz mit H.U. Jürgens wurde das Untersuchungsmaterial bereitgestellt, angebaut, der Backprozess einschließlich der visuellen Bewertung durchgeführt.

Im Rahmen von „InnoNet“ gelang es, ab 1. Mai 2007 ein dreijähriges Verbundprojekt „TASK, Technologieentwicklung und Anwendung innovativer Selektionsverfahren für eine wettbewerbsfähige Kartoffelzüchtung, InnoNet 5521, vom Wirtschaftsministerium finanziert zu bekommen, in dem die BAZ/das JKI mit dem Teilvorhaben „Resistenz gegen Krautfäule“ beteiligt ist. Dieses Projekt soll durch Einsatz der Markertechnologie derzeitige Probleme bei der Nutzung polygener Resistenz überwinden helfen. Molekulare Marker zeigen punktuell die genetische Konstitution an und sind nützlich, wenn sie mit nahe gelegenen Resistenzgenen kosegregieren. Die Weiterentwicklung und Nutzung molekularer Marker für QTL (Genorte für quantitative Merkmale) könnte

- zum frühen Erkennen und Eliminieren nicht resistenter Nachkommen führen,
- durch Aufdecken genetischer Unterschiede bei ähnlichem Resistenzverhalten dazu beitragen, verschiedene Gene bei der Auswahl der Kreuzungseltern zusammenzuführen,
- mittelfristig eine Reduzierung des Umfangs der Feldprüfung auf Krautfäuleresistenz erlauben.

Nicht dreijährige Feldbeobachtung, sondern die genetische Konstitution ist dann für den Hauptteil des Materials das Entscheidungskriterium des Wegwerfens. Sofern durch diese Methode die meisten der an der Resistenz beteiligten Gene erkannt und erfasst werden, wird dadurch eine effizientere Nutzung der polygenen Resistenzform möglich.

Wissenschaftliches Arbeitsziel ist die Erprobung vorhandener und Entwicklung weiterer, möglichst gut geeigneter molekulare Marker, die einen hohen Anteil der Resistenz gegen *Phytophthora infestans* erklären. Nach Testung bekannter Marker für Krautfäuleresistenz an vier spaltenden Populationen

werden weitere, neue Marker für Reife-korrigierte Krautfäulerresistenz entwickelt und in weiterem Zuchtmaterial erprobt werden. Erkenntnisgewinn und Teilerfolge bei der Anwendung bewährter Marker in weiterem Zuchtmaterial werden erwartet. Überführung der Methodik in die KMU (kleinen und mittleren Unternehmen) kann realistisch kaum in so kurzer Zeit gelingen.

Als Untersuchungsmaterial wurden bewusst vier verschiedene Populationen aus Kreuzungen ‚sehr resistent‘ x ‚(sehr) anfällig‘ erzeugt, ausgesät und bis zu A-Klonen vorvermehrt, um in den QTL-Analysen populationspezifische und nicht populationspezifische Marker mit Bezug zur Resistenz zu unterscheiden (Tabelle 71). Diese Populationen wurden 2004-2006 in dreijähriger Feldprüfung in zwei Wiederholungen mit je drei Pflanzen auf Krautfäulerresistenz untersucht. Die Eltern waren in mindestens drei Wiederholungen, Standards in acht Wiederholungen angebaut.

**Tab. 71** Untersuchungsmaterial zum Projekt InnoNet 5521

Population	Ploidie	Eltern (1 x 2)	Wildarten enthalten	Reifezeit		Resistenz		Zahl Klone
				1	2	1	2	
1474	2x	BAZ-GL-94.7171.62 x PD163	<i>phu, dms</i>	3,1	1,8	7,0	2,8	130
1475	4x	BAZ-GL-94.7082.15 x Delikat	<i>dms, sto, adg</i>	5,0	6,3	7,6	2,6	250
1476	4x	GL-Tü-98.02.13 x Leyla	<i>crc</i>	2,9	7,7	8,7	2,5	210
1478	4x	BAZ-GL-93.7015.04 x Delikat	<i>dms, phu, adg</i>	5,1	6,3	8,6	2,6	310

Der resistente Partner in Population 1474 ist ein Dihaploider aus Rebecca, der Bestäuber eine Kreuzung von dihaploidem *S. tuberosum* mit *S. phureja*. Kombination 1475 und 1478 entsprechen BC5, 1476 stellt eine dritte Rückkreuzung von symmetrischer Fusion eines dihaploiden Klons, H256/1, mit einer Pflanze aus BCRG 27034, *S. circaeifolium* dar. Es wird angenommen, dass von *S. circaeifolium* an einige Nachkommen ein wirksames, bisher nicht bekanntes R-Gen weitergegeben wurde, denn in dieser wie in einigen anderen Nachkommenschaften daraus gibt es eine Häufung von Überempfindlichkeit (1476). Die Virulenzgene V<sub>1</sub> bis V<sub>11</sub> waren im Inokulum wirksam, wenngleich R9 (extrem spätreif) sehr spät infiziert wurde. Zur Durchführung der Feldprüfung auf Krautfäulerresistenz mit Inokulation, Beregnung und Windschutz sowie 16-17 Bewertungsterminen je Vegetation gilt die Beschreibung unter 3.1.3. und 3.1.4. Für die angegebene Zahl der Klone je Population liegen 3jährige Daten vor. Nicht Blatt-, sondern Krautbefall wurde bonitiert. Nicht % abgestorbenen Krautes, sondern % durch *Phytophthora infestans* befallenes Kraut wurde geschätzt, ohne Vermischung mit anderen Ursachen wie *Alternaria*-Befall, Welke oder Abreife. Die Befallsdaten lagen vor Projektbeginn komplett vor. Kreuzungseltern und anfällige Standards sind eingeschlossen.

Von den Markeruntersuchungen wird Erkenntnisgewinn hinsichtlich des Zusammenhanges von Reifezeit und Resistenz erwartet mit deutlich anderem Ausgang als bei dem eher ungeeigneten Untersuchungsmaterial bei Visker et al. (2004). Die folgenden Abbildungen zeigen die Streuung in der Krautfäulerresistenz und in der Reifezeit aus der Prüfung 2004 und 2005 (Abbildungen 111-121). Für das Jahr 2004 korrelierte die Reifezeit mit der Krautfäulerresistenz des Untersuchungsmaterials mit  $r = 0,046!$  Die hier wiedergegebene Resistenzberechnung erfolgte nach Darsow (1989), wobei drei Populationen eine gute Variabilität in der Reifezeit aufweisen (Abbildungen 111-113). Die Pfeile in den Abbildungen kennzeichnen die Werte der Kreuzungseltern. In den Abbildungen 114-117 wird eine Momentaufnahme des Befalls wiedergegeben, die die Variabilität gut darstellt. In Population 1476 wird ein neues R-Gen erwartet.

Die Resistenz an Knollen wurde im Scheibentest für die Populationen untersucht. Sie ist jedoch nicht Gegenstand des Projekts.

## 8. Teilnahme der BAZ an internationalen Initiativen zu *Phytophthora*-Resistenz bei Kartoffeln

Seit der Gründung der BAZ waren dem Bearbeiter weltweite Kontakte möglich, die konsequent genutzt wurden, um Einblick in Arbeitsbedingungen und Arbeitsweise von Fachkollegen in Europa, Nord-, Mittel- und Südamerika und Asien zu erlangen. Es ergab sich die Einsicht in einen großen internationalen Vorsprung der eigenen Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz und der

angewandten eigenen Methodik. Durch Mitwirkung im EU-Projekt QLK5-CT-2002-00971, „Potato late blight network for Europe“, *Phytophthora*-Netzwerk bei Kartoffeln für Europa mit der Bezeichnung EUCABLIGHT, konnte die in Groß Lüsewitz vorhandene Fachkompetenz auf internationaler Ebene direkt eingebracht werden.

EUCABLIGHT ist abgeleitet von **European concerted action against late blight** of potato. Das Projekt der Europäischen Union verfolgte das Ziel, die Bewertung sowohl der Wirtsresistenz als auch der Pathogenität des Erregers in Europa zwischen den Ländern abzustimmen und nach einheitlicher Methodik entsprechend dem neuesten Stand der Forschung unter Verwendung gleicher Standardsorten bzw. Standardisolate besser vergleichbar zu machen. Dadurch sollten die Resistenzzüchtung und die chemische Bekämpfung effektiver gestaltet werden können. Man ging davon aus, dass Koordination der nationalen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zielführend sein wird und kaum experimenteller Bedarf besteht. 28 Institutionen aus 14 europäischen Ländern waren am Projekt mit einer Laufzeit von drei Jahren (01.02.2003-31.01.2006) beteiligt. Die Koordination lag beim Scottish Crop Research Institute in Dundee, Schottland. Die Organisationsstruktur mit drei regionalen Einheiten (West-, Mittel- und Nordeuropa) und zwei thematischen Untergruppen (Charakterisierung der Wirtsresistenz bzw. Variation des Pathogens) diente effektiver Durchführung der Arbeiten. Im dänischen Institut für Landwirtschaftswissenschaften Foulum wurde durch dieses Projekt eine Datenbank neu eingerichtet, die Primärdaten enthält, die mit durch dieses Projekt harmonisierten Methoden erhoben wurden (Zimnoch-Guzowska et al. 2005, Hansen et al. 2006). An der Arbeit zur Wirtsresistenz war die BAZ sehr aktiv beteiligt und unterstützte die Projektarbeit

- durch Wahrnehmung der Koordination für sechs mittel- und osteuropäische Länder (Anleitung, Datenkontrolle, Datenweiterleitung an die Datenbank, regionale Auswertung),
- durch zusätzliche Resistenzprüfungen von Sorten an Kraut und Knollen,
- durch Mitarbeit an der Vereinheitlichung der Resistenzprüfungsmethoden während der Arbeitstagungen und Wahrnehmung vor allem von Aspekten der Züchtung,
- durch Ausrichtung einer Arbeitstagung zu methodischen Aspekten der *Phytophthora*-Resistenz,
- durch Eingabe älterer, z. T. veröffentlichter Groß Lüsewitzer Ergebnisse von 600 Sorten auf rassenspezifische Resistenz in die Datenbank,
- durch einheitliche Transliteration kyrillischer Sortennamen in der Datenbank,
- durch Berichte in der Gruppe Kartoffeln der GPZ über EUCABLIGHT vor Züchtern und dem Bundessortenamt.

Nach einer Bestandsaufnahme der Resistenzprüfungsmethoden, die von den Teilnehmern aktuell angewendet wurden, folgten Vorschläge zur Vereinheitlichung der Methodik, wobei große Kompromisse unvermeidlich waren. Es ergaben sich Erfordernisse methodischer Weiterentwicklung und experimenteller Überprüfung, die vom Budget nicht abgedeckt waren und in der kurzen Projektdauer auch nicht durchgeführt werden konnten. Die erarbeiteten Arbeitsanleitungen beschreiben im Einzelnen die Pflanzenanzucht, Inokulation, äußere Bedingungen des Tests, die Merkmalerfassung und Auswertung. Derartige Prüfungsvorschriften wurden unter Mitautorenschaft der BAZ erstellt für

- die Feldprüfung auf Krautfäulerresistenz
- den Einzelblatttest,
- den Test ganzer Pflanzen im Gewächshaus/Klimakammer,
- den Scheibentest auf Braunfäulerresistenz,
- den Test erntefrischer, ganzer Knollen,
- die Feldprüfung auf Braunfäulerresistenz.

Am ersten Entwurf zur Ermittlung der Reifezeit wurde nicht weitergearbeitet. Die Website im Internet: [www.eucablight.org](http://www.eucablight.org) informiert über alle Aspekte des Projekts einschließlich der Ergebnisse in der Datenbank sehr ausführlich.

In drei Jahren wurde die angegebene Zahl von Sorten mit je drei Wiederholungen in der Feldprüfung auf Krautfäulerresistenz und im Test erntefrischer Knollen auf Braunfäulerresistenz untersucht:

- 2003 22 Sorten und einen Zuchtklon auf Krautfäuleresistenz,  
20 Sorten und einen Zuchtklon auf Braunfäuleresistenz,
- 2004 25 Sorten und einen Zuchtklon auf Krautfäuleresistenz,  
22 Sorten und einen Zuchtklon auf Braunfäuleresistenz,
- 2005 32 Sorten und einen Zuchtklon auf Krautfäuleresistenz,  
26 Sorten und einen Zuchtklon auf Braunfäuleresistenz.

Die Daten der BAZ bei der Krautfäuleresistenzprüfung führten in den drei Jahren zu sehr ähnlichen Ergebnissen und setzten sich von den meisten anderen Untersuchungen durch geringere Umweltvarianz ab. Die Häufigkeit der Bonituren erlaubte, alle vorgesehenen Berechnungen durchzuführen. Die Qualität der Ergebnisse warb für den Standort und verlieh der eigenen Stimme stärkeres Gewicht. Zum Ende des Projekts fanden zwei Lüsewitzer Empfehlungen Gehör, 1. die Krautfäuleresistenzberechnung auch mit 9-1 zu benoten und 2. Krautfäuleresistenz durch Regressionsrechnung vom Reifeeffekt zu trennen, was leider in der Laufzeit nicht mehr realisiert wurde. Seit Anfang 2008 steht diese Berechnung jedoch den deutschen Zuchtfirmen über das JKI zur Verfügung.

Wichtige Impulse zur Braunfäuleresistenzprüfungs-Methodik gingen von der BAZ aus (Meeting in Rostock 2005), jedoch konnte die Arbeit zu den Knollenprüfungen aus zeitlichen Gründen und wegen geringeren allgemeinen Interesses nicht abgeschlossen werden.

Die Datenbank von EUCABLIGHT bleibt erhalten. Sie bietet auch dank Lüsewitzer Zuarbeit die umfangreichste Information über R-Gene (rassenspezifische *Phytophthora*-Resistenzgene).

Die herausragende deutsche Kompetenz im Arbeitsfeld der Vorlaufzüchtung auf Resistenz gegen Kraut- und Braunfäule der Kartoffel sollte für ein zusammenwachsendes Europa erhalten werden.

## 9. Nutzung von Material der Vorlaufzüchtung zu Demonstrationszwecken und Praxiserprobung

Demonstrationen und Ausstellungen dienen dem Bekanntmachen der Ergebnisse der angewandten Züchtungsforschung zur Nutzung des polygenen Resistenztyps gegen *Phytophthora infestans* bei Kartoffeln. Seit 2003 wurden die aufgelisteten Anlässe für Öffentlichkeitsarbeit genutzt (Tabelle 72).

**Tab. 72** Abgabe bzw. Nutzung von *Phytophthora*-resistenten Kartoffel-Zuchtklonen des ILK für Ausstellungen und Erprobungen, 2003-06

Klone	Zweck der Untersuchung	Materialabgabe an
4	Erprobung der Eignung im ökologischen Anbau	2003, NABU, Verein zur Förderung der Saatgutforschung, Wiethaler, Überlingen
3	Demonstration biologischer Vielfalt	2003, IGA, Deutscher Pavillon (BMVEL) Rostock
4	Erprobung im Ökoanbau	2003, Karsten Ellenberg, Öko-Landwirt, Barum
23	Ausstellung Pflanzen mit <i>Phytophthora</i> -Resistenz	2003, IGW Berlin
14	Demonstrationsanbau für DLG-Feldtage Dummerstorf	2004, ILK, (Abb. 23)
8	Demonstrationsanbau Biologische Vielfalt	2004, Univ. Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhäusen, FG Ökologischer Landbau
11	Testsortiment <i>Phytophthora</i> -Resistenz	2004, IPK-Genbank, Außenstelle Nord
6	Internationale Standards <i>Phytophthora</i> -Resistenz	2005, IPK-Genbank, Außenstelle Nord
23	Ausstellung Knollen, <i>Phytophthora</i> -Resistenz	2005, IGW Berlin
10	Demonstrationsanbau Biologische Vielfalt	2006, Univ. Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhäusen, FG Ökologischer Landbau
15	Demonstrationsanbau Biologische Vielfalt	2006, Landesgartenschau Sachsen-Anhalt
22	Ausstellung von BAZ-Klonen	2006, Wintertagung GPZ, Kartoffeln, Göttingen
32	Ausstellung von BAZ-Klonen	2006, Europäische Kartoffelfelgtage Hameln

## 10 Abschließende Diskussion und Schlussfolgerungen

Umweltschutz, nachhaltige Landwirtschaft und Ernährung der Menschheit erfordern weltweit effektivere Nutzung der vorhandenen genetischen Ressourcen für dauerhafte *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel als bisher. Dauerhafte *Phytophthora*-Resistenz ist nach bisherigem Wissensstand quantitativ und polygen. Die polygene Resistenz muss aus Wildarten in Kulturkartoffeln übertragen werden. Das Wildgenom enthält außer der gewünschten Resistenz für die Sortenzüchtung langwierig zu verdrängenden Ballast. Eine Methode des Heraustrennens der Polygene für Resistenz ist bisher nicht verfügbar, man kennt sie wahrscheinlich zum größeren Teil noch nicht. Bisher bleibt nur die Trennung durch Züchtung in kleinen Schritten. Wie das geschehen kann und dass der empirische, lange Weg zum Erfolg führen kann, wird in dieser Veröffentlichung dokumentiert. An ganz wenigen Orten in der Welt ist bisher Vorlaufzüchtung oder Sortenzüchtung konsequent und lange genug auf der Basis quantitativer Resistenz durchgeführt worden, um über Vorurteile und durch Fehler geprägte Ergebnisse hinauszukommen. Dies ist ein so schwieriges Arbeitsgebiet, dass nur kontinuierliche Arbeit mit sehr langfristigen Konzept und kreativer Lösung einiger schwieriger Probleme zum züchterischen Erfolg führen kann. Die Zeit seit dem Aufbruch zur erneuten Nutzung der quantitativen Resistenz vor mehr als 60 Jahren wurde international überwiegend nur halbherzig oder nicht genutzt. Infolge einer erfolgreichen Pionierarbeit in der Vorlaufzüchtung der Kartoffel auf *Phytophthora*-Resistenz für Langtaggebiete in Groß Lüsewitz besteht im ILK ein diesbezüglicher Entwicklungsvorsprung von Jahrzehnten. Die Kluft ist besonders groß, weil konventionelle Züchtung zugrunde liegt, die besonders arbeitsintensiv ist und Erfahrung braucht. Die verlorene Zeit kann man nicht aufholen. Sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der Züchtung rächen sich jetzt die Versäumnisse. Jedoch nur bei qualifizierter Fortsetzung bleibt der erreichte Stand im JKI erhalten und kann ausgebaut werden, um die reifenden Früchte zu ernten. Da deutsche Zuchtfirmen ihren Vorteil aus dem Material gern leise ziehen und die Fachleute in den Instituten und die Sortenzüchter anderer europäischer Länder die Nutzung polygener *Phytophthora*-Resistenz aus Wildarten für zu schwierig halten, wird der Gegenbeweis, den wir erbrachten, gegenwärtig möglichst ohne Konsequenzen hingenommen und kollektiv ignoriert. Deshalb ist der aktuelle Stand der Groß Lüsewitzer Arbeiten wenig bekannt.

Von zentraler Bedeutung ist die im Ausland unterlassene Trennung von echter quantitativer Krautfäuleresistenz und dem entwicklungsphysiologischen Effekt auf das Resistenzverhalten. Was andernorts als Krautfäuleresistenz bezeichnet wurde, enthält die Mischung aus Resistenz und Reifeeffekt. Ohne methodische Trennung dieser Komponenten ist Resistenzzüchtung für quantitative Resistenz zum Scheitern verurteilt. Diese Trennung wird in Groß Lüsewitz empirisch seit mehr als 25 Jahren praktiziert. Da sich eine Korrelation von  $r=0,9$  zur Berechnung über Regression zur Reife ( $\Delta$  RAUDPC) herausstellte, braucht man sich 1. nicht über den erreichten Züchtungserfolg zu wundern und hat 2. den Beleg für die Eignung der mit J. Strahwald vorgeschlagenen neuen Berechnungsweise für Krautfäuleresistenz. Betroffen ist auch die internationale Grundlagenforschung. Basis der molekulargenetischen Forschung zu Krautfäuleresistenz war bis jetzt das Mischmerkmal. Es wiederholten sich Ergebnisse, die mit enger Kopplung von Genen für Resistenz und Reife bzw. pleiotropen Effekten erklärt wurden. Eine Korrektur des bisherigen Wissensstandes wird auch durch im ILK begonnenen Markeranalysen mit hervorragendem geeignetem Untersuchungsmaterial erwartet. Der Autor plädiert für sauberen Gebrauch der Begriffe Befall, Befallsverlauf und der nur rechnerisch mit Reifekorrektur daraus zu ermittelnden Krautfäuleresistenz.

Die Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz in der BAZ hat gezeigt, dass Resistenz an Kraut und Knollen mit allen anderen Merkmalen der Kartoffel prinzipiell kombinierbar ist. Damit öffnet sie einen schwierigen, aber gangbaren Weg zur Reduzierung des Fungizideinsatzes durch erhöhte Wirtsresistenz im Interesse des Umwelt- und Verbraucherschutzes. Deshalb ist die Vorlaufzüchtung im Ressort des BMELV angesiedelt. Zum Zwecke der Kostensenkung wird jedoch im „Konzept für eine zukunftsfähige Agrarforschung“ ausdrücklich gegen wirtschaftsnahe Züchtungsforschung polemisiert. Ist Wissenschaft Selbstzweck? Ein Rückzug des Staates aus dieser Finanzierung ist sachlich nicht zu vermitteln und kann im Moment des wirtschaftlichen wie wissenschaftlichen Wettbewerbsvorteils bestenfalls als Irrtum verstanden werden. Ist das Fehlen des staatlich finanzierten Bindegliedes zwischen Genbank und Züchtung in vielen anderen Ländern dafür ausreichender Grund? Wird der Weg für die Pflanzenschutzmittelindustrie geebnet, der 33% Fungizideinsparung Verlust bescheren würde, die aber an der Ablösung durch transgene Resistenz verdient?

Der Standort Groß Lüsewitz hat seine besondere Eignung für Züchtungsforschung bei Kartoffeln seit Jahrzehnten unter Beweis gestellt. Die beschriebene erfolgreiche Bearbeitung der polygenen, dauerhaften *Phytophthora*-Resistenz wurde in der EU-anerkannten Gesundlage überhaupt erst möglich. Die mehrjährige Erhaltung und Vermehrung spaltender Populationen oder Prüfung von Fusionaten unter Beteiligung von Wildarten war nur hier qualitativ sicherzustellen. Auch für die Krautfäuleentwicklung im Feld besteht besondere ökoklimatische Gunst.

In der Züchtungsforschung für *Phytophthora*-Resistenz stellt die BAZ die einzige erfolgreiche Institution der Anwendung polygener Resistenz für Langtaggebiete dar und damit noch für den Hauptteil des Kartoffelanbaus in der Welt (Europa, Nordamerika, Argentinien, Chile, Nordindien, China, Russland u. a.). Entsprechend groß ist das Interesse der wirtschaftlich schwächeren Länder mit geringem Fungizideinsatz an diesem Material und an dem Konzept, das den Erfolg ermöglicht. Sowohl für das eigene Land als auch für die zukünftige Welternährung liegt in der Fortführung der beschriebenen Arbeiten eine starke Motivation.

Folgende Schlussfolgerungen werden gezogen:

- Die gegen alle Erwartung mögliche und erfolgreiche Kombination quantitativer *Phytophthora*-Resistenz an Kraut und Knollen mit allen anderen Merkmalen ist am Standort Groß Lüsewitz auch im internationalen Interesse mit ganzer Kraft fortzuführen.
- Die niederländische nationale Initiative zur schnellen Erhöhung der *Phytophthora*-Resistenz sollte in Deutschland Ansporn sein zur konsequenten Nutzung horizontaler Resistenz durch intensive Vorlaufzüchtung und qualifizierte Prüfung von Sorten und Klonen auf Kraut- und Braunfäuleresistenz im BSA und in den Zuchtfirmen.
- Nutzung und weitere Erforschung polygener Resistenz erfordert stabile langfristige Planung. Daraus abzuleitende Anforderungen müssen Wissenschaftspolitikern abgerungen werden.
- Infolge weltweiten Bedarfs an polygener *Phytophthora*-Resistenz ergeben sich vielfältige Möglichkeiten internationaler Kooperation.
- Die polygene Resistenzbasis und die mit Generosion verbundene Stammbaumzüchtung machen die Vorlaufzüchtung zu einer Daueraufgabe.

## 11 Zusammenfassung

Quantitative (relative, partielle, horizontale, polygene oder relative) *Phytophthora*-Resistenz stellt die schwierige, aber dauerhafte polygene Alternative zur einfach vererbten rassenspezifischen Resistenz auf der Grundlage der Überempfindlichkeit dar, die bei der langsamen Generationenfolge in der Kartoffelzüchtung den Wettlauf mit der Anpassung der Erregerpopulation stets verlor. Polygen bedingte Resistenz tritt mit dem Abstand zur Wildart in abnehmender Häufigkeit in der Nachkommenschaft auf, hat höhere prüfungsmethodische Anforderungen und verlangt zuchtmethodische Umstellungen. International wurden diese Erfordernisse nicht oder nicht konsequent berücksichtigt und blieb Erfolg in der Nutzung quantitativer *Phytophthora*-Resistenz meist aus. Daraus ergibt sich eine ungerechtfertigte Geringachtung dieser Resistenzform. Die hier vorgelegten Ergebnisse der Vorlaufzüchtung im ILK der BAZ beweisen die Kombinierbarkeit der quantitativen Kraut- und Braunfäuleresistenz mit allen erwünschten Merkmalsausprägungen bei der Kartoffel einschließlich früher Reife, entgegen der Lehrmeinung und dem internationalen Stand der Wissenschaft sowie der Erfahrung in der ausländischen Sortenzüchtung. Die Gründe werden erläutert.

Vorlaufzüchtung auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz bedarf einer anderen Prüfungspraxis und Züchtungsstrategie als Resistenzzüchtung mit dominanten Hauptgenen. Angemessene Prüfungsmethodik und geeignete Züchtungskonzeption wurden vom Bearbeiter dafür entwickelt, beschrieben und systematisch angewandt. Die wichtigsten Probleme der züchterischen Nutzung polygener *Phytophthora*-Resistenz und deren Lösungsweg werden erörtert. 197 Herkünfte aus 42 *Solanum*-Arten fanden bisher Eingang in die Vorlaufzüchtung für *Phytophthora*-Resistenz im ILK Groß Lüsewitz durch Samenerzeugung aus Wildartkreuzungen und anschließende Selektion. Meist wurden mehrere Klone einer Herkunft gekreuzt. Neben der Kraut- und Braunfäuleresistenz wurden möglichst viele Merkmale schon von der Wildart an mehrjährig zur Auswahl der besten Kreuzungseltern geprüft. Beispiele für die

Auswirkung unzureichender Prüfung der Merkmale von Kreuzungseltern werden gegeben. Eine Folge von sechs bis acht Kreuzungsschritten wird zur Übertragung der Resistenz von der Wildart bis zur resistenten neuen Sorte nötig. Die Gesamtheit der Merkmale entscheidet über das Verwerfen potentieller Resistenzquellen und ihrer Nachkommen in verschiedenen Zuchtstufen. Sowohl Kreuzung als auch Fusion wurden zur Erschließung von Resistenzquellen genutzt. Am Anfang des Zuchtweges verursachte hohe Virusanfälligkeit (PVY, PLRV) Verluste von Zuchtmaterial. Mit Kreuzungspartnern hoher Virusresistenz wurde dem erfolgreich begegnet. Das Selektionsschema für 68 Merkmale sowie deren methodische Ermittlung werden beschrieben. In langfristiger, kontinuierlicher Arbeit, vorwiegend durch Kreuzung nicht verwandter, resistenter Klone untereinander, konnte komplexe Merkmalsverbesserung erreicht werden, ohne das erwünschte Resistenzniveau zu verlieren. Die Ergebnisse zeigen, dass unser genetisch breites Material genug genetische Varianz bei den meisten Merkmalen dafür aufweist. Fortschritt bei polygen oder oligogen bedingten Merkmalen konnte nur in kleinen Schritten erzielt werden und bedarf der Zuchtplanung über mehrere Generationen. Zur Züchtungsstrategie gehört die frühzeitige Entscheidung der Verwertungsrichtung jedes Klons, um auf kürzestem Wege die beste Merkmalskombination zu erreichen. Drei Varianten der Reifezeitermittlung wurden parallel durchgeführt und die Ergebnisse diskutiert. Anhand der Ergebnisse des Anbaujahres 2006 wird die Ausprägung von 66 Merkmalen in Häufigkeitsverteilungen gezeigt und mit Standardorten verglichen. Die Untersuchung von 248 tetraploiden und 61 dihaploiden Klonen gibt den aktuellen Stand der Vorlaufzüchtung für *Phytophthora*-Resistenz im ILK in Groß Lüsewitz wieder. Dabei gab es langsamen, aber stetigen Fortschritt in der Kombination von *Phytophthora*-Resistenz auch mit Speisequalität. Einige Klone erreichten das Niveau guter Speisesorten und geben damit bessere Voraussetzungen in der Elternauswahl als in der Vergangenheit. Verbesserung ist vor allem in der Kochverfärbung und Ausgeglichenheit der Knollen (Marktwareanteil) nötig. In einem weiteren Unterprogramm werden hoher Stärkegehalt, Frühreife, Resistenz gegen *Globodera pallida* Pa2 und Pa3, *Globodera rostochiensis* Ro1 und *Synchytrium endobioticum* kombiniert. Eignung für Pommes frites wurde erfolgreicher mit *Phytophthora*-Resistenz verbunden als Chipseignung. Der Anteil gegen *Globodera rostochiensis* und Kartoffelkrebs resistenter Klone wurde in den letzten Jahren zügig erhöht. Von den *Phytophthora*-resistenten Klonen reiften in 2006 6% sehr früh, 14% früh, 20% früh bis mittelfrüh, 31% mittelfrüh, 19% mittelfrüh bis mittelspät und 10% mittelspät. Die rechnerische Bereinigung des Krautfäuleverlaufs vom Reifeinfluss stellt eine Grundvoraussetzung für sachgerechte Selektion dar. Im Material des ILK wurde eine genetische Varianz der Krautfäuleresistenz von  $h^2 = 0,768$  festgestellt, wenn diese anhand des Abstandes des Befalls als RAUDPC zur Regressionsgeraden mit der Reifezeit berechnet wurde. Bei einigen Klonen wurde außerdem Trockentoleranz registriert.

Neben der Resistenzzüchtung auf tetraploider Valenzstufe wurde parallel auf diploider Stufe die Kombination von Resistenz und Qualität verfolgt. Das Fehlen männlicher Fertilität bei *Phytophthora*-resistenten Dihaploiden erlaubte bisher jedoch nur Rückkreuzungen. Diploide Wildformen erwiesen sich in der Regel als zu anfällig an den Knollen. Der Vorteil der Züchtung auf diploider Stufe konnte deshalb bisher nicht ausgeschöpft werden. Durch Fusion konnte weitere Nutzung in tetraploider Form erfolgen. Unter 69 tetraploiden *Phytophthora*-resistenten, abgegebenen Kreuzungseltern seit 1994 eigneten sich 27 für die Zuchtrichtung Speisekartoffeln, 17 für Veredlung und 18 für Stärkeerzeugung. Sechs von 12 abgegebenen dihaploiden Klonen mit *Phytophthora*-Resistenz waren in Richtung Speisekartoffeln zu nutzen, vier in Richtung Veredlung, einer in Richtung Stärke. In den Jahren 2005–2007 wurden darüber hinaus Samen aus 477 Kreuzungsnachkommenschaften angeboten und je nach Interesse in Portionen von 100–900 Samen an einzelne Zuchtfirmen verteilt. Es wird erwartet, dass die an die Sortenzüchtung abgegebenen Resistenzvererber in naher Zukunft zu ersten Erfolgen in Form resistenterer neuer Sorten führen, die etwa 33% weniger Fungizidaufwand benötigen. Die internationale Spitzenstellung des ILK in der Vorlaufzüchtung für *Phytophthora*-Resistenz für gemäßigte Klimate und Langtagbedingungen sollte für Projekte mit China, Indien, Russland, Kanada, Chile und Argentinien genutzt werden.

Einige *Phytophthora*-resistente Klone dieser Vorlaufzüchtung dienen als besonders geeignetes Untersuchungsmaterial für molekulargenetische Forschung, z. B. in GABI und weiteren inländischen Projekten. Für das laufende Projekt TASK wurden vier spaltende Populationen erzeugt und drei Jahre auf Krautfäuleresistenz in der Feldprüfung von etwa 942 Klonen untersucht. Sehr große genetische Variation sowohl der Krautfäuleresistenz als auch der Reifezeit werden gezeigt. Transgene Steigerung der vorhandenen *Erwinia carotovora*-Resistenz *Phytophthora*-resistenter Klone war das Ziel eines weiteren Projekts in der BAZ. Über die aktive Mitarbeit im europäischen Projekt EUCABLIGHT für Kraut- und

Braunfäuleresistenz der Kartoffel wird berichtet. Seit Jahrzehnten wird Kraut- und Braunfäuleresistenz für die Genbank GLKS des IPK Gatersleben von der Gruppe untersucht, die die Vorlaufzüchtung im ILK Groß Lüsewitz betreibt. Die Fortsetzung der Vorlaufzüchtung für quantitative *Phytophthora*-Resistenz in der Ressortforschung des BMELV begründet sich aus ihrem Beitrag zum Umwelt- und Verbraucherschutz, dem erreichten Zuchtniveau, der realistischen Chance erfolgreicher Nutzung in der Sortenzüchtung, dem damit verbundenen nationalen Vorteil angesichts des internationalen Notstandes hinsichtlich *Phytophthora*-Resistenz, dem Potential für nachhaltigen Kartoffelbau, aus dem nötigen Entgegenwirken gegen Genverlust in der Stammbaumzüchtung (Klonzüchtung) und nicht zuletzt dem Erfordernis der Erzeugung geeigneten Untersuchungsmaterials für Grundlagen- und angewandte Forschung. Eine Fortsetzung in anderer Zuständigkeit ist nicht möglich.

## 12 Summary

Quantitative (partial, horizontal, polygenic or relative) resistance of potato foliage to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary is the difficult, but durable alternative to the simple inherited race-specific hypersensitivity, which was overcome before a new gene for resistance could be introduced into a new potato cultivar. Polygenic determined resistance occurred in a part of the progeny, which decreased with the distance to used wild species. Higher demands on methods of assessment are to consider and changes in breeding methods are necessary. These demands were international not consequently or not fulfilled and good results in using of blight resistance could not be reached. There from unjustified disregard followed for this type of resistance. The given results prove that quantitative blight resistance on foliage and tubers can be combined with all desired traits of potato including earliness and quality. This is just the opposite of the teaching of science and experience of variety breeding. Reason for that is explained in this paper.

Pre-breeding for quantitative blight resistance caused by minor genes requires an assessment practice of resistance and breeding strategy, both different from that used dominating major genes. Reasonable methods of large scale screening of resistance were developed and suitable breeding conception was applied systematically. Both are explained. The main problems of this pre-breeding and their solutions are discussed. 197 accessions of 42 *Solanum* species were used in pre-breeding by producing of seeds and starting selection, mainly with several genotypes of an accession. As much as possible traits were tested several years besides blight resistance of foliage and tubers to select best cross parents. Consequences of insufficient assessment of traits are shown. A series of six to eight cross steps will be necessary from the wild specie to a new variety. The whole of the expression of all the traits decide to reject or to use a potential source of resistance or clones of its progeny as cross parent. Sources of resistance were exploited by crossing or by protoplast fusion. High susceptibility to virus diseases (PVY mainly, PLRV) was and is a problem in parental selection of wild clones, F1 and BC1 because of premature losses of breeding material. Cross parents with very high resistance to viruses were used therefore at the beginning. 68 traits were considered in pre-breeding for quantitative blight resistance; the methods of assessment of these traits and the scheme of selection are described. An important role played intercrosses (resistant x resistant) of not related clones to resist loss of genes for blight resistance. It is essentially, to improve other traits by intercrossing at the same time. Given results show that our genetic broad based blight resistant material has enough variance in case of most traits. Progress in polygenic or oligogenic traits occurred in little steps and requires planning of crosses beyond several generations. It belongs to our strategy to decide as early as possible the utilization of a blight resistant clone for processing, table potato or starch. Three methodical variants to assess maturity were conducted in parallel, results are offered. The data of expression of 66 traits of 248 tetraploid and 61 dihaploid clones grown in 2006 demonstrates the current state of the pre-breeding for late blight resistance at the ILK Groß Lüsewitz. Slowly, constant progress is shown in the most difficult part, the combining with table potato quality. Some clones reached the level of good cultivars and give better preconditions to go on than in past. Above all, discolouration after cooking and uniformity of tuber size are to improve. Additionally a subprogram is running to combine high starch content with blight resistance, earliness, resistance to *Globodera pallida* Pa2 and Pa3, *Globodera rostochiensis* Ro1 and *Synchytrium endobioticum*. Combining of suitability for processing and blight resistance had better results concerning French fries than crisps. About 6% of clones in 2006 were very early, 14% were early, 20% between early and second early, 31% second early, 19% second early to second late and 10% second late. Some



clones had good tolerance to drought. The mathematical validation of the disease progress from effect of maturity is a primary condition of appropriate selection for foliage blight resistance. Sufficient genetic variance of resistance was ascertained in the pre-breeding material of ILK in BAZ at Groß Lüsewitz, even, if it was calculated as vertical distance of RAUDPC to the regression line with maturity ( $h^2=0,768$ ).

The pre-breeding for blight resistance was conducted mainly on tetraploid level. Absence of male fertility in blight resistant dihaploids allowed only crosses resistant x susceptible up till now. So advantage of breeding on diploid level could not be exploited completely. Some clones were used by fusion on tetraploid level. 69 tetraploid blight-resistant cross parents were handed over to cultivar-breeders since 1994, among them 27 usable for table purpose, 17 for processing and 18 clones for starch production. Six of 12 dihaploids were suitable for table potatoes, four for processing one for starch. Beyond that, seeds of 477 cross combinations with 100-900 seeds each were offered in 2005-2007. These parental clones are expected to become parents or grandparents of new varieties, which save 33% of current fungicide use in growing. Our international leading state in pre-breeding for quantitative blight resistance for temperate climate and long day conditions should be maintained and used for cooperation with countries as China, India, Russia, Canada, Chile and Argentina.

Some blight resistant clones were used as plant material suitable for molecular genetic research, for instance in the project GABI. For the running project TASK four segregating populations were produced and about 942 clones were screened three years in the field. Excellent genetic variation of blight resistance and maturity are shown in this paper. Another project is transgenic improvement of resistance to *Erwinia carotovora* in blight resistant clones. About the very active contribution of ILK to the European project EUCABLIGHT is reported. Since decade's foliage and tuber blight resistance of gene bank GLKS of IPK Gatersleben was tested by the same group of ILK at Groß Lüsewitz. Continuation of pre-breeding for quantitative late blight resistance of potato in departmental research of BMELV is legitimated by it's potential contribution to environmental and consumer protection, by the breeding results up till now, by world-wide shortage of blight resistant pre-breeding material and cultivars, by the potential competitive advantage of German breeding enterprises from it, by it's potential for sustainable agriculture, by necessity to counteract the loss of genes in potato breeding and by the demand on suitable potato material for basic and applied research in Germany.

### 13 Literatur

- Anonym, 2006: Niederlande forciert GV-Knolle. Landwirtschaftsministerium fördert Suche nach *Phytophthora*-Resistenz. *Ernährungsdienst* **61**, 26, 8.
- Anonym, 1996: CIP Circular. International Potato Center. Vol. 22, No. 1.
- Agrios, G.N., 1997: Plant Pathology. 4<sup>th</sup> edition. Academic Press, London, 274-278.
- Allefs, J.J.H.M., M.W.M. Muskens & E.A.G. van Vossen, 2005: Breeding for foliage late blight resistance in the genomics era. In: Potato in progress: science meets practice, 255-267.
- Bary, A. de, 1861: Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung. A. Förster'sche Buchhandlung Leipzig, 75S.
- Bary, A. de, 1876: Researches into the nature of the potato-fungus, *Phytophthora infestans*. *Journal of Botany*, New Series **V**, 105-126 and 149-154.
- Barr, D.J.S., 1983: Zoosporic groupings of plant pathogens – entity or non-entity? In Buczacki, S.T.: Zoosporic Plant pathogens, a modern perspective. Academic Press London.
- Bartnicky-Garcia, S. & M.C. Wang, 1983: Biochemical aspects of morphogenesis in *Phytophthora*. In Erwin, D.C., S. Bartnicky-Garcia & P. Tsao: *Phytophthora*: its biology, taxonomy, ecology and pathology. Amer. Phytopathological Society Press St Paul, 121-138.
- Bødker, L., H. Pedersen, K. Kristensen, L. Møller, A. Lehtinen & A. Hannukala, 2006: Influence of crop history of potato on early occurrence and disease severity of potato late blight caused by *Phytophthora infestans*. Proceedings 9<sup>th</sup> workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Tallin 2005. Applied Plant Research Wageningen, *PPO-Special Report* no. **11**, PPO 356, 53-56.
- Bormann C.A., A.M. Rickert, R.A.C. Ruiz, J. Paal, J. Luebeck, J. Strahwald, K. Buhr & C. Gebhardt, 2004: Tagging quantitative trait loci for maturity-corrected late blight resistance in tetraploid potato with PCR-based candidate gene markers. *Molecular Plant Microbe Interactions* **17**, 10, 1126-1138.

- Boyd, A.E.W., 1980: Development of potato blight (*Phytophthora infestans*) after planting infected seed tubers. *Ann. Applied Biology* **95**, 301-309.
- Boyd, A.E.W. & J.M. Henderson, 1953: Susceptibility of immature potato tubers to blight. *Plant Pathology* **2**, 113-116.
- Bradshaw, J.E., R.L. Wastie, H.E. Stewart & G.R. Mackay, 1995: Breeding for resistance to late blight in Scotland. In Dowley et al.: *Phytophthora infestans* 150. Boole Press Dublin, 246-252.
- Bradshaw, J.E., B. Pande, G.J. Bryan, C.H. Hackett, K. McLean, H.E. Stewart & R. Waugh, 2004: Interval mapping of quantitative trait loci for resistance to late blight [(*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), height and maturity in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*). *Genetics* **168**, 983-995.
- Clulow, S.A., H.E. Stewart, E.P. Dashwood & R.L. Wastie, 1995: Tuber surface micro organisms influence the susceptibility of potato tubers to late blight. *Annals of Applied Biology* **126**, 33-43.
- Collins, A., D. Milbourne, L. Ramsay, R. Meyer, c. Chatot-Balandras, P. Oberhagemann, W. de Jong, C. Gebhardt, E. Bonnel, R. Waugh, 1999: QTL for field resistance in potato are strongly correlated with maturity and vigour. *Molecular Breeding* **5**, 387-398.
- Colon, L.T., 1994 : Resistance to *Phytophthora infestans* in *Solanum tuberosum* and wild *Solanum* species. Ph. D. Thesis Wageningen, 159p.
- Cox, A.E. & E.C. Large, 1960: Potato blight epidemics throughout the world. *Agricultural Handbook* 174. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Crosier, W., 1934: Studies in the biology of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Cornell University, Agricultural Experimental Station Memoir Nr. **155**, 40p.
- Daggett, S.S., E. Götz & C.D. Therrien, 1993: Phenotypic changes in populations of *Phytophthora infestans* in Eastern Germany. *Phytopathology* **83**, 319-323.
- Darsow, U. & G. Meinel, 1981: Prüfung der relativen Resistenz gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary an wachsenden bzw. von der Pflanze abgetrennten Kartoffelknollen und -stolonen. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **17**, 183-191.
- Darsow, U., 1983a: Prüfung unverletzter erntefrischer Kartoffelknollen auf relative Braunfäuleresistenz. *Archiv Züchtungsforschung* **13**, 357-366.
- Darsow, U., 1983b: Aktuelle Probleme der *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel. *Tagungsberichte der AdL der DDR* **216**, 567-577.
- Darsow, U., 1986: Auswirkung der Wundheilung im Scheibentest auf die relative Braunfäuleresistenz der Kartoffel. *Archiv Züchtungsforschung* **16**, 63-71.
- Darsow, U. & H. Oertel, 1986: Zur Früherkennung der relativen *Phytophthora*-Resistenz bei Kartoffeln. *Archiv Züchtungsforschung* **16**, 341-349.
- Darsow, U., 1987a: Long term results of a tuber slice test for relative resistance to late blight. *Potato Research* **30**, 9-22.
- Darsow, U., 1987b: Einfluss der Lagertemperatur, der Knollengröße sowie der Position der Scheiben an der Knolle auf die relative Braunfäuleresistenz im Scheibentest. *Archiv Züchtungsforschung* **17**, 271-278.
- Darsow, U., 1988: Prädisponierende Wirkung des Ernte- und Prüfungstermins sowie des Keimzustandes der Kartoffelknollen auf die relative Braunfäuleresistenz im Scheibentest. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **24**, 203-212.
- Darsow, U., W. Junges & H. Oertel, 1988: Die Bedeutung der Prädisposition für die Laborprüfung von Kartoffelblättern auf relative Resistenz gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **24**, 109-119.
- Darsow, U., 1989. Ermittlung der relativen Krautfäuleresistenz (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) der Kartoffel in der Feldprüfung. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **25**, 137-143.
- Darsow, U. & I. Wulfert, 1989a: Untersuchungen zum Einfluss sekundärer Virusinfektionen auf die relative Krautfäuleresistenz einiger Kartoffelsorten. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **25**, 325-332.
- Darsow, U. & I. Wulfert, 1989b: Veränderungen der relativen Resistenz der Kartoffelknolle gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary durch sekundäre Virusinfektionen. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **25**, 507-512.
- Darsow, U., 1991: Erfassung des Braunfäulebefalls im Scheibentest – Messen oder Benoten. *Archiv Phytopathologie u. Pflanzenschutz* **27**, 199-204.
- Darsow, U. & E. Hinze, 1991a: Nutzung von Wildarten zur Verbesserung der relativen *Phytophthora*-Resistenz in der Kartoffelzüchtung. *Kartoffelforschung aktuell*, Groß Lüsewitz, 43-52.
- Darsow, U. & E. Hinze, 1991b: *Phytophthora*-Resistenz im Groß Lüsewitzer Sortiment wilder und kultivierter *Solanum*-Arten und ihre züchterische Nutzung. Bericht über die Arbeitstagung 1991 der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter Gumpenstein, 259-264.

- Darsow, U., 1992a: Effekt und Risiko des Knöllchentests auf Braunfäuleresistenz bei Kartoffelsämlingen im System der Auslese in der *Phytophthora*-Resistenzzüchtung. *Journal Phytopathology* **135**, 199-206.
- Darsow, U., 1992 b: Frühselektion auf relative Krautfäuleresistenz an Sämlingen der Kartoffel und deren spätere Kraut- und Braunfäuleresistenz. *Potato Research* **35**, 443-450.
- Darsow, U., 1993: Breeding of basic material with late blight resistance. Abstracts 12th triennial conference of EAPR, Paris, 184-185.
- Darsow, U., L. Schilde-Rentschler, B. Ruoss & H. Ninnemann, 1994: Resistenz von Fusionaten zwischen diploidem *Solanum bulbocastanum* und dihaploidem *Solanum tuberosum* gegenüber *Phytophthora infestans*. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* **28**, 214-216.
- Darsow, U., 1995: Using wild species in breeding of basic potato material with high resistance to late blight. In Dowley et al.: *Phytophthora infestans* 150, Boole Press Dublin, 275-281.
- Darsow, U., L. Schilde-Rentschler, B. Ruoss, B. Oberwalder, H. Ninnemann, R. Thieme, T. Gavrilenko, N. Shitlova, & J.G.Th. Hermsen, 1996: Using late blight resistance from *S. bulbocastanum* and *S. pinnatisectum* in potato breeding. Abstracts 13th triennial conference of EAPR, Veldhoven, 520-521.
- Darsow, U., K. Schüler, L. Schilde-Rentschler, B. Oberwalder, T. Gavrilenko & B. Schöber, 1997: Vorlaufzüchtung bei der Kartoffel auf Resistenz gegenüber *Phytophthora infestans* durch Nutzung kultivierter, wilder sowie nicht knollenbildender Solanaceen. Abstract Symposium Biologische Vielfalt in Ökosystemen, Konflikt zwischen Nutzung und Erhaltung. FAL Braunschweig, 22.-24.4.1997, S. 29.
- Darsow, U. & K. Schüler, 1998: *Solanum demissum* in potato breeding. *Beiträge zur Züchtungsforschung*, Quedlinburg, **4**, Heft 2, 31-33.
- Darsow, U., 1998a: Progress in breeding for late blight resistance at Groß Lüsewitz. *Beiträge zur Züchtungsforschung* **4**, 2, 24-30.
- Darsow, U., 1998b: Aussichten der Züchtung auf *Erwinia*-Resistenz und Bewertung des Ist-Standes bei der Selektion von Basismaterial. Vortragsammlung der AG Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung der GPZ, Göttingen, 1998, 30-37.
- Darsow, U.; Röber, K.-Chr., 1998: Assessment of resistance to storage diseases of potato breeding material in combined tests. Röbbäcksdalen meddelar, SLU, Umea, Sweden, Rapport 1, 1998, 24.
- Darsow, U., 1999: Late blight resistance in second early potatoes combined with good expression of other traits. Abstracts 14<sup>th</sup> triennial conference of the EAPR, Sorrento, 162-163.
- Darsow, U., 2000a: 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*, Quedlinburg, **6**, 1, 1-49.
- Darsow, U., 2000b: Sources of and breeding for relative late blight resistance of potato. In: Khurana, S. M. P., G. S. Shekhawat, B. P. Singh, S. K. Pandey (Eds.): Potato, global research & development, Indian Potato Association, Shimla, Vol. **I**, 561-570.
- Darsow, U. & H. Tiemann, 2000: Dihaploid potato breeding for French fries after cold storage. Section Meeting of EAPR (Breeding) and EUCARPIA (Potatoes) July, 03.-07. 2000, Warsaw, Poland, paper.
- Darsow, U., 2002a: *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel - Das Wunschmerkmal für den ökologischen Kartoffelanbau. *ForschungsReport*, 1, 16-19.
- Darsow, U., 2002 b: Systematic pre-breeding of potato for late blight resistance on tetraploid and diploid level. *Vorträge für Pflanzenzüchtung*, Supplement 1, 116.
- Darsow, U., K. Schüler & L. Schilde-Rentschler, 2002: Genbankherkünfte bei Kartoffeln – Evaluierung der *Phytophthora*-Resistenz und Nutzung als genetische Ressourcen für die Resistenzzüchtung. Biologische Vielfalt mit der Land- und Forstwirtschaft, Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: *Angewandte Wissenschaften*, Heft **494**, 256-257.
- Darsow, U., 2003a: Bewertung der Kraut- und Braunfäuleresistenz bei Kartoffeln und Vorschläge für methodische Veränderungen in der Wertprüfung von Sorten. In Steinberger, J.: Sortenwertprüfung für den ökologischen Landbau. Bundessortenamt Hannover, 55-63.
- Darsow, U., 2003b: Combining relative blight resistance, starch content and second earliness of potato. Abstracts of EAPR-EUCARPIA joint section meeting “Breeding and adaptation of potatoes”, Oulu, Finland, 23.
- Darsow, U. & J.G. Hansen, 2004: Reliability of different parameters to estimate relative foliage blight resistance and its relation to maturity in potato. *Plant Breeding and Seed Science* **50**, 81-93.
- Darsow, U., 2004/05a: The use of four different assessment methods to establish relative potato tuber blight resistance for breeding. *Potato Research* **47**, 163-174.
- Darsow, U., 2004/5b: Sites of entry of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary into potato tubers in assessment of tuber blight resistance. *Potato Research* **47**, 175-186.

- Darsow, U., 2005a: Progress in combining of quantitative blight resistance of potato with table potato quality. Abstracts of 16<sup>th</sup> Triennial Conf. of the European Association for Potato Research (EAPR), Bilbao, I, 318-323.
- Darsow, U., 2005b: Erhöhung der Resistenz gegen *Phytophthora infestans* bei Kartoffeln. Kartoffeltrends 2005. Züchtungsfortschritt, Vermehrung und Pflanzgutbereitstellung. Agrimedia GmbH Bergen/Dumme, 10-16.
- Darsow, U., 2006: Pre-breeding auf *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel- Ergebnisse eines laufenden Langzeitprojekts und Aussichten für den ökologischen Landbau. *Landbauforschung Völknerode*, Sonderheft 298, G. Rahmann: Ressortforschung für den ökologischen Landbau, 37-48.
- Darsow, U. & J. Strahwald. Comparison of two maturity-corrected selection criteria for foliage-blight resistance in field assessment of potato. *Potato Research*, in press.
- Deahl, K.L., M.E. Gallegly & R.J. Young, 1974: Laboratory testing of potato tubers for multigenic resistance to late blight. *American Potato Journal* 51, 24-329.
- Debener, T., F. Salamini & C. Gebhardt, 1991: The use of RFLPs (restriction Length Polymorphisms) detects germplasm introgressions from wild species into potato (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) breeding lines. *Plant Breeding* 106, 173-181.
- Denward, T., 1970: Differentiation in *Phytophthora infestans*. II. Somatic recombination in vegetative mycelium. *Hereditas* 66, 35-48.
- Dorrance, A.E. & D.A. Inglis, 1998: Assessment of laboratory methods for evaluating potato tubers for resistance to late blight. *Plant Disease* 82, 442-446.
- Durska, B., 1975: Wykorzystanie roznych method w okreslaniu odpornosci bulw na zaraze ziemniaka (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) na podstawie badaw odmian ziemniaka zrejoniowanych w Polsce. *Biuletyn Instytutu Ziemiaka* 16, 19-39.
- Douches, D., J.B. Bamberg, W. Kirk, K. Jastrzebski, B.A. Niemira, J. Coombs, D.A. Bisognin & K.J. Felcher, 2001: Evaluation of wild *Solanum* species for resistance to the US-8 genotype of *Phytophthora infestans* utilizing a fine-screening technique. *American Journal of Potato Research* 78, 159-165.
- Dowley, L.J., S.F. Carnegie, C. Balandras-Chatot, D. Ellissechee, P. Gans, B. Schoeber-Butin & R. Wustman, 1999: Guidelines for evaluating disease resistance in potato cultivars: Foliage blight resistance, field test, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Potato Research* 42, 107-111.
- Earnshaw, D.M.D. & R.C. Shattock, 2002: Inheritance of aggressiveness in sexual progeny of *Phytophthora infestans* isolates from United Kingdom. In: Late blight: Managing global threat. Proceedings of the global initiative on late blight conference Hamburg, 11-13 July 2002, 133.
- Erwin, D.C. & O.K. Ribeiro, 1996: *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press. The American Phytopathological Society Press St. Paul, 562p.
- Ewing, E.E., I. Simko, C.D. Smart, M.W. Bonierbale, E.S.G. Mizubuti, G.D. May & W.E. Fry, 2000: Genetic mapping from field tests of qualitative and quantitative resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in a population derived from *Solanum tuberosum* and *Solanum berthaultii*. *Molecular Breeding* 6, 1, 25-36.
- Flor, H.H., 1955: Host-parasite interaction in flax rust - its genetics and other implications. *Phytopathology* 45, 680-685.
- Forbes, G.A. & J.A. Landeo, 2006: Late blight. In: Gopal, J. & S.M.P. Khurana: Handbook of potato. Production, improvement, and postharvest management. Food Products Press New York, London, Oxford, Binghamton 2006, 605p.
- Frandsen, N.O., 1958: Grundlagen und Methoden der Züchtung. In: Roemer, T., Rudolf, W. Handbuch der Pflanzenzüchtung, Parey Verlag Berlin u. Hamburg, Bd. 3, 71-97.
- Friend, J., 1991: Host-pathogen interactions: current questions. In: Lucas, J.A., R.C. Shattock, D.S. Shaw & L.R. Cooke: *Phytophthora*. Cambridge University Press, Cambridge, 46-49.
- Friedt, W. & F. Ordon, 1995: Bewährte und moderne Züchtungsmethoden - eine vergleichende Betrachtung. *Giessener Beiträge aus Pflanzenbau und Züchtung*, 39-61.
- Fry, W.E., S.B. Goodwin, A.T. Dyer, J.M. Matuszak, A. Drenth, P.W. Tooley, L.S. Sujkowski, Y.J. Koh, B.A. Cohen, L.J. Spielman, K.L. Deahl, D.A. Inglis & K.P. Sandlan, 1993: Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications. *Plant diseases* 77, 653-661.
- Fry, W.E. & C.D. Smart, 1999: The return of *Phytophthora infestans*, a pathogen that just won't quit. *Potato Research* 42, 279-282.
- Gambo, C.C., R. Hutten, E. Jacobsen & R. Visser, 2002: QTL effects on the epidemics of *Phytophthora infestans* in a diploid population of potato. Proceedings of the global initiative on late blight conference Hamburg, 11-13 July 2002, 143.
- Gebhardt, C. & J.P.T. Valkonen, 2001: Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. *Annual Review of Phytopathology* 39, 79-102.

- Gebhardt, C., A. Ballvora, B. Walkemeier, P. Oberhagemann & K. Schueler, 2004: Genetic potential of assessment in germ plasm collections of crop plants by marker-trait association: a case study for potatoes with quantitative variation to late blight and maturity. *Molecular Breeding* **13**, 93-102.
- Gebhardt, C., 2004: Potato genetics: Molecular maps and more. In Lörz, H. & G. Wenzel: Molecular Marker Systems. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. **55**, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 215-227.
- Ghislain, M., B. Trognitz, M.D. Herrera, J. Solis, G. Casallo, C. Vasquez, O. Hurtado, R. Castillo, L. Portal & M. Orillo, 2001: Genetic loci associated with field resistance to late blight in offspring of *Solanum phureja* and *S. tuberosum* grown under short day conditions. *Theoretical and Applied Genetics* **103**, 433-442.
- Götz, E., 1991: Untersuchungen zur vertikalen und horizontalen *Phytophthora*-Resistenz an *in vitro*-Pflanzen der Kartoffel. *Kartoffelforschung aktuell*, Groß Lüsewitz, 1991, 19-24.
- Guenther, J.F., K.C. Michael & P. Nolte, 2001: The economic impact of potato late blight on US growers. *Potato Research* **44**, 121-125.
- Habermeyer, J. & N. Adler, 2000: Einflussfaktoren auf Primärbefall durch Kraut- und Knollenfäule. *Kartoffelbau* **51**, 50-54.
- Hansen, J.G., L. Bodger & B.J. Nielsen, 2002: Implementation of variety resistance in control strategies of potato late blight. *Applied Plant Research Wageningen, PPO-Special Report No. 8*, 2002, 111-123.
- Hansen, J.G., A. Hermansen, L.T. Colon, D. Cooke, B. Andersson, B. Nielsen, U. Darsow, J. Bakonyi, P. Lassen & A.K. Lees, 2006: EUCABLIGHT- demonstrating new tools for collating and analysing plant pathology data on a European scale. In Munk, L., D.B. Collinge & D.F. Jensen: Sustainable management: the European perspective. Copenhagen Royal Veterinary and Agricultural University, EFPP, Abstract Poster 41.
- Hausladen, H., 2006: Potato early blight (*Alternaria* spp.) in Germany. Proceedings 9<sup>th</sup> workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Tallin 2005. *Applied Plant Research Wageningen, PPO-Special Report no. 11*, PPO 356, 313-318.
- Hausdörfer, M., 1959a: Ein Beitrag zur Bestimmung der relativen *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel. Dissertation, Rostock 1959, 114 S.
- Hausdörfer, M., 1959b: Untersuchungen über die Entwicklung des Befalls mit den verschiedenen physiologischen Rassen der *Phytophthora infestans* bei einigen mittelfrühen und mittelspäten Kartoffelsorten im Jahre 1958. *Züchter* **29**, 237-239.
- Hawkes, J.G.: The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press London 1990, 259 p.
- Heeres, P., M. Schippers-Rozenboom, E. Jacobsen & R.G.F. Visser, 2002: Transformation of a large number of potato varieties: genotype-dependent variation in efficiency and somaclonal variability. *Euphytica* **124**, 13-22.
- Helgeson, J.P., J.D. Pohlman, S. Austin, G.T. Haberlach, S.M. Wielgus, D. Ronis, L. Zambolim, P. Tooley, J.M. MacGrath, R.V. James & W.R. Stevenson, 1998: Somatic hybrids between *Solanum bulbocastanum* and potato: new source of resistance to late blight. *Theoretical and Applied Genetics* **96**, 738-742.
- Hendrix, J.W., 1970: Sterols growth and reproduction of fungi. *Annual Review of Plant Pathology* **8**, 111-130.
- Henniger, H., 1959: Versuche zur Kultur verschiedener Rassen von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary auf künstlichen Nährböden. *Phytopathologische Zeitschrift* **34**, 285-306.
- Henniger, H., 1963: Zur Kultur von *Phytophthora infestans* auf vollsynthetischen Nährsubstraten. *Zeitschrift für allgemeine Mikrobiologie* **3**, 126-135.
- Hodgson, W.A., 1961: Laboratory testing of the potato for partial resistance to *Phytophthora infestans*. *American Potato Journal* **38**, 259-264.
- Hohl, H.R. & K. Iselin, 1984: Strains of *Phytophthora infestans* from Switzerland with A<sup>2</sup> mating type behaviour. *Trans. British Mycological Society* **83**, 529-530.
- Huang, S.W., 2005: The discovery and characterization of the major late blight resistance complex in potato: Genomic structure, Functional diversity and implications. Ph.D. Thesis Wageningen University, Wageningen.
- Huang, S.W., E.A.G. van Vossen, H.H. Kuang, V.G.A.A. Vleeshouwers, N.W. Zhang, T.J.A. Borm, H.J. van Eck, B. Baker, E. Jacobsen & R.G.F. Visser, 2005: Comparative genomics enabled the isolation of the R3a late blight resistance gene in potato. *The Plant Journal* **42**, 2, 251-261.
- Huarte, M.A., 1999: Host durable resistance to late blight: Some experiences under long days in Argentina. Proceedings of conference of GILB, Quito, Ecuador, March 16-19, 37.

- Jeschke, S., 1967: Untersuchungen zu Fragen der "relativen" und "absoluten" Resistenz von Kartoffelknollen. Dissertation, AdL Berlin, 87 S.
- Jeschke, S. & D. Rothacker, 1968: Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*). In: Rothacker, D.: Sortiment wilder und kultivierter Kartoffelspecies des Institutes für Pflanzenzüchtung Groß Lüsewitz (GLKS). Teil 2, Groß Lüsewitz, 89-103.
- Jones, R.W., K.L. Deahl & R. Hammond, 2005: Characterization of the role of a potato xyloglucan-specific endoglucanase inhibitor protein in late blight resistance. Abstracts of papers and posters of the 16<sup>th</sup> triennial conference of European Association for Potato Research, July 17-22, 2005, Bilbao, Vol. 2, 826-827.
- Kable, P.F. & D.R. Mackenzie, 1980: Survival of *Phytophthora infestans* in potato stem lesions at high temperatures and implications for disease forecasting. *Plant Disease* **64**, 165-167.
- Kamoun, S., 2002: Basic biology: What makes *Phytophthora infestans* a pathogen? In: Late blight: Managing global threat. Proceedings of the global initiative on late blight conference Hamburg, 11-13 July 2002, 11-12.
- Kamoun, S., E. Huitema & V.G.A.A. Vleeshouwers, 1999: Resistance to oomycetes: a general rule for the hypersensitive response? *Trends in Plant Science* **4**, 196-200.
- Kirk, W.W., Felcher K.J., Douches, D.S. & J. Coombs., 2001: Effect of host plant resistance and reduced rates and frequencies of fungicide application to control late blight. *Plant Disease* **85**, 1113-1118.
- Kirk, W.W., 2003: Tolerance of mycelium of different genotypes of *Phytophthora infestans* to freezing temperatures for extending periods. *Phytopathology* **93**, 1400-1406.
- Klinkowski, M., 1970: Catastrophic plant diseases. *Annual Review of Plant Phytopathology* **8**, 37-60.
- Kolbe, W., 1982/83: Die Bedeutung der Krautfäulebekämpfung im Kartoffelbau am Beispiel des Dauerversuches Höfchen 1943-1982 und der historischen Entwicklung. *Pflanzenschutznachrichten Bayer* **35**, 247-290.
- Kuhl, J.C.; R.E. Hanneman & J.M. Havey, 2001: Characterization and mapping of Rpi1, a late blight resistance locus from diploid (1EBN) Mexican *Solanum pinnatisectum*. *Molecular Genetic Genomics* **265**, 977-985.
- Kumar, S. & A. Rzhetsky, 1996: Evolutionary relationships of eukaryotic kingdoms. *Journal of Molecular Evolution* **42**, 183-193.
- Kulish, V.B. & Y.T. D'yakov, 1979: Isolation of diploid strains from mixed cultures of two physiological races of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Dokl. Akad. Nauk SSSR* **244**, 689-691. (*Rev. Plant Pathology* 1980, **59**, 881.)
- Lacey, J., 1967: Susceptibility of potato tubers to infection by *Phytophthora infestans*. *Annals of Applied Biology* **59**, 259-264.
- Landeo, J.A., M. Gastelo, H. Pinedo & F. Flores, 1995: Breeding for horizontal resistance to late blight in potato free of R-genes. In Dowley, L.J., E. Bannon, L.R. Cooke, T. Keane & E. O'Sullivan: *Phytophthora infestans 150*. Boole Press Dublin, 268-274.
- Landeo, J.A., 1999: Population testing. Proceedings of conference of GILB, Quito, Ecuador, March, 16-19, 55-56.
- Landeo, J.A., 2002: Breeding for host resistance. Durable resistance: qualitative/quantitative resistance. Conference of GILB on Late blight: Managing the global threat. July 11-13, 2002, Hamburg, 29-36.
- Langerfeld, E., 1979: Integrierte Pflanzenschutzmaßnahmen bei der Bekämpfung von Lagerfäule-Erregern bei Kartoffeln. *Gesunde Pflanze* **31**, 148-152.
- Lapwood, D.H. & R.K. McKee, 1961: Reaction of tubers of R-gene potato clones to inoculation with specialised races of *P. infestans*. *European Potato Journal* **4**, 3-13.
- Lapwood, D.H., 1965: Laboratory assessments of the susceptibility of potato tubers tissue to blight (*Phytophthora infestans*). *European Potato Journal* **8**, 215-229.
- Lapwood, D.H., 1967: Laboratory assessments of the susceptibility of potato tubers to infection by blight (*Phytophthora infestans*). *European Potato Journal* **10**, 127-135.
- Lapwood, D.H., 1977: Factors affecting the field infection of potato tubers of different cultivars by blight (*Phytophthora infestans*). *Annals of Applied Biology* **85**, 23-42.
- Lauenstein, G., 1998: Stärkekartoffeln und Nematoden: Resistenz und Toleranz ausnutzen! *Kartoffelbau* **49**, 358-362.
- Leach, S.S. & A.E. Rich, 1969: The possible role of parasexuality and cytoplasmic variation in race differentiation in *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* **59**, 1360-1365.
- Le Grand-Pernot, F., 1988: Hétérozygotie des isolats de *Phytophthora infestans*; conséquences in dans l'apparition des races physiologiques. *Agronomie* **8**, 163-168.
- Li, X., H.J. van Eck, L.N.A. der Voort, D.J. Huigen, P. Stam & E. Jacobsen, 1998: Autotetraploids and genetic mapping using common AFLP markers: the R2 allele conferring resistance to *Phytophthora infestans* mapped on potato chromosome 4. *Theoretical and Applied Genetics* **96**, 1121-1128.

- Malcolmson, J.F., 1970: Vegetative hybridity in *Phytophthora infestans*. *Nature* **225**, 971-972.
- Meyer, R.C., D. Milbourne, C.A. Hackett, J.E. Bradshaw, J.W. McNichol & R. Waugh, 1998: Linkage analysis in tetraploid potato and association of markers with quantitative resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). *Molecular Gen. Genetics* **259**, 150-160.
- Micheletto S., M. Androni & M.A. Huarte, 2000: Vertical resistance to late blight in wild potato species from Argentina. *Euphytica* **110**, 133-138.
- Mizubuti, E.S.G., J.M.N. Maziero, L.A. Maffia, F. Haddad & M.A. Lima, 2002: Quantifying basic ecological requirements for better late blight management in subtropical climate. Proceedings of the global initiative on late blight conference Hamburg, 11-13 July 2002, 57-67.
- Moreau, P., P. Thoquet, J. Olivier, H. Laterrot & N.H. Grimsley, 1998: Genetic mapping of Ph-2, a single locus controlling partial resistance to *Phytophthora infestans* in tomato. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **11**, 4, 259-269.
- Mulder, A. & H. Brinkmann, 1996: Potato cyst nematodes. In: Potato diseases: diseases, pests and defects. NIVAA Holland, 86-88.
- Muskens M.M. & S.J. Allefs, 2002: Breeding for late blight resistance, views from practice. Abstract 15<sup>th</sup> Triennial Conference of EAPR, Hamburg, Germany, July 14-19, 2002, 85.
- Naess, S.K., J.M. Bradeen, S.M. Wielgus, G.T. Haberlach, J.M. McGrath & J.P. Helgeson, 2000: Resistance to late blight in *Solanum bulbocastanum* is mapped to chromosome 8. *Theoretical and Applied Genetics* **101**, 697-704.
- Nielsen, B.J., 2004. 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, Abstracts p.5.
- Oberhagemann, P., C. Chatot-Balandras, R. Schäfer-Pregl, D. Wegener, C. Palomino, F. Salamini, E. Bonnel & C. Gebhardt, 1999: A genetic analysis of quantitative resistance to late blight in potato: Towards marker-assisted selection. *Molecular Breeding* **5**, 399-415.
- Oberwalder, B., L. Schilde-Rentschler, B. Ruoss, S. Wittemann & H. Ninnemann, 1998: Asymmetric protoplast fusions between wild species and breeding lines of potato – effect of recipients and genomic stability. *Theoretical and Applied Genetics* **97**, 1247-1254.
- Oertel, H., 1972: Untersuchungen zur Methodik der Auslese von *Phytophthora*-resistentem Ausgangsmaterial unter besonderer Berücksichtigung der Knollenresistenz. Dissertation AdL Berlin, 118 S.
- Park, T.H., V.G.A.A. Vleeshouwers, R.C.B. Hutten, H.J. van Eck, E. van der Vossen, E. Jacobsen & R.G.F. Visser, 2005: High-resolution mapping and analysis of the resistance locus Rpi-abpt against *Phytophthora infestans* in potato. *Molecular Breeding* **16**, 33-43.
- Parker, J.E., W. Knogge & D. Scheel, 1991: Molecular aspects of host-pathogen interactions in *Phytophthora*. In: Lucas, J.A., R.C. Shattock, D.S. Shaw, L.R. Cooke. *Phytophthora*. Cambridge University Press, Cambridge, 90-103.
- Parlevliet, J.E., 2002: Durability of resistance against fungal, bacterial and viral pathogens; present situation. *Euphytica* **124**, 147-156.
- Pathack, N. & D.D. Clarke, 1987: Studies on the resistance of the outer cortical tissues of the tubers of some potato cultivars to *Phytophthora infestans*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* **31**, 123-132.
- Pietkiewicz, J.B. & G.J. Jellis, 1976: Testing potato tubers for resistance to blight [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] in the laboratory. *Ziemiak* **37**, 129-135.
- Poedinok, N.L., A.V. Dolgova & Y. T. D'akov, 1982: Parasexual process in phytopathogenic fungus *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Genetika* **18**, 1423-1428.
- Prell, H.H. & P.R. Day, 2001: Plant-fungal interaction. A classical and molecular view. Springer, 214p.
- Rivera-Pena, A. & J. Molina-Galan, 1989: Wild tuber-bearing species of *Solanum* and incidence of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on the western slopes of the volcano Nevado de Mexico. 1. *Solanum* species. *Potato Research* **32**, 181-195.
- Rivera-Pena, A., 1999: *Solanum iopetalum* (Bitt.) Hawkes x *Solanum tuberosum* (L.) progenies with resistance to late blight. Abstracts 14<sup>th</sup> triennial conference EAPR Sorrento, Italy, 158-159.
- Robinson, R.A., 1971: Vertical resistance. *Review Plant Pathology* **50**, 8, 233-239.
- Robinson, R.A., 1973: Horizontal resistance. *Review Plant Pathology* **52**, 8, 483-501.
- Ros, B., F. Thümmel & G. Wenzel, 2004: Analysis of differentially expressed genes in a susceptible and moderately resistant potato cultivar upon *Phytophthora infestans* infection. *Molecular Plant Pathology* **5**, 3, 191-201.
- Ross, H., 1986: Potato breeding - problems and perspectives. *Journal of Plant Breeding*, Supplement **13**, 132 p.

- Rothacker, D., U. Darsow, P. Hunger, H. Lellbach, H. Oertel, K. Schüler, & H. Tiemann, 1991: Das Genreservoir des Institutes für Kartoffelforschung in seiner Bedeutung bei der Schaffung von resistentem Basismaterial für die Kartoffelzüchtung. *Vorträge Pflanzenzüchtung* **19**, 175-196.
- Sandbrink, J.M., L.T. Colon, P.J.C. Wolters & W.J. Stiekema, 2000: Two related genotypes of *Solanum microdontum* carry different segregating alleles for field resistance to *Phytophthora infestans*. *Molecular Breeding* **6**, 215-225.
- Sansome, E. & C.M. Brasier, 1973: Diploidy and chromosomal structural hybridity in *Phytophthora infestans*. *Nature* **241**, 344-345.
- Schepers, H.T.A.M., 2004a: The development and control of *Phytophthora infestans* in Europe in 2003. Proceedings of the eighth workshop of an integrated control strategy of potato late blight. Applied Plant Research Wageningen, *PPO-Special Report* no. **10**, 9-18.
- Schepers, H.T.A.M., 2004b: Decision support systems for integrated control of late blight. *Plant Breeding and Seed Science* **50**, 57-61.
- Schepers, H.T.A.M. & H.G. Spits, 2006: The development and control of *Phytophthora infestans* in Europe in 2004-2005. Proceedings 9<sup>th</sup> workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Tallin 2005. Applied Plant Research Wageningen, *PPO-Special Report* no. **11**, PPO 356, 11-22.
- Schick, R. & A. Hopfe, 1962: Die Züchtung der Kartoffel. In: Schick, R. & M. Klinkowski. Die Kartoffel. Ein Handbuch. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, Bd. 2, 1461-1583.
- Schick, R. & E. Schick, 1959: Die Differenzierung der verschiedenen Rassen der *Phytophthora infestans* auf Sämlingen von *Solanum demissum* (Lindl.) und *S. stoloniferum* (Schlecht. et Bouché). *Züchter* **29**, 220-225.
- Schmelzer, E. & S. Gus-Mayer, 1998: Cell biology of plant cell interactions with *Phytophthora* species. 7<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Abstract 1, 1.3.3.S.
- Schüler, K., M. Angeli, M. Klewsaat, M. Vandrey, 2000: The Groß Lüsewitz Potato Collection (GLKS). Wild and cultivated species from Central and South America. IPK Gatersleben, Genebank External Branch North, 1-123.
- Schöber, B., 1987: Beurteilung und Erfassung von Braunfäule [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] in den Knollen. In Anonym: *Potato Disease Assessment Keys*. EAPR, 28-35.
- Schöber-Butin, B., 2001: Die Kraut- und Braunfäule der Kartoffel und ihr Erreger *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Mitteilungen aus der BBA*, Parey-Verlag Berlin, Heft **384**, 64 S.
- Shattock, R.C., 1988: Studies on the inheritance of resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* **37**, 4-11.
- Shitlova, N.A., 1987: Sozdanie ischodnogo materiala kartofelja, ustojcivogo k fitofitorozu i virus Y. *Sbornik Naucnye trudy prikladnogo botaniki, genetiki i selekcii*, Leningrad, **115**, 23-27.
- Simko, I., S. Jansky, S. Stephenson & D. Spooner, 2007: Genetics of resistance to pests and diseases. In: Vreugdenhil, D. et al.: *Potato biology and biotechnology advances and perspectives*. Elsevier Amsterdam, Boston, Chapter 7, 117-155.
- Singh, B.P., T.A. Joseph & S.K. Kaushik, 1999: Breeding for disease resistance. In: Singh, B.P. & G.S. Shekhawat: *Potato late blight in India*. *Technical Bulletin* **27**, New Delhi, Malhotra Publ. House 1999, 55-69.
- Sliwka, J., H. Jakuczun, R. Lebecka, C. Gebhardt & E. Zimnoch-Guzowska, 2005: Simulation of marker assisted selection for resistance to late blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in a diploid mapping population. Abstracts of papers and posters of the 16<sup>th</sup> triennial conference of European Association for Potato Research, July 17-22, 2005, Bilbao, Vol. 1, 94-96.
- Smilde, W.D., G. Brigneti, L. Jagger, S. Perkins & J.D.G. Jones, 2005: *Solanum mochiquense* chromosome IX carries a novel late blight resistance gene Rpi-moc1. *Theoretical and Applied Genetics* **110**, 252-258.
- Song, J., J.M. Bradeen, S.K. Naess, J.A. Raasch, S.M. Wielgius, G.T. Haberlach, J. Liu, H. Kuang, S. Austin-Phillips, C.R. Buell, J.P. Helgeson & J. Jiang, 2003: Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to late blight. *Proceedings National Academy of Science USA* **100**, 9128-9133.
- Speerscheider, J., 1857: Dass das Faulen der Kartoffelknollen bei der so genannten Kartoffelkrankheit durch die ausgestreuten und keimenden Sporen des Blattpilzes *Perenospora devastatrix* verursacht wird, durch Experimente bewiesen. *Flora*, Jena, **40**, 81-87.
- Stewart, H.E., D.C. McCalmont & R.L. Wastie, 1983: The effect of harvest date and the interval between harvest and inoculation on the assessment of the resistance of potato tubers to late blight. *Potato Research* **26**, 101-107.
- Stewart, H.E. & G. Ramsay, 1999: New sources of resistance to late blight in accessions of the Commonwealth potato collection. Poster Abstracts of conference of GILB, Quito, Ecuador, March 16-19, 25-26.
- Swiezynski, K.M. & E. Zimnoch-Guzowska, 2001: Breeding potato cultivars with tubers resistant to *Phytophthora infestans*. *Potato Research* **44**, 97-117.



- Tan, A., R.C.B. Hutten, R.G.F. Visser & H.J. van Eck, 2005: Development of marker assisted selection for potato breeding. Abstracts of papers and posters of the 16<sup>th</sup> triennial conference of European Association for Potato Research, July 17-22, 2005, Bilbao, Vol. 2, 660-661.
- Tazelaar, M.F., 1981: The screening of *Solanum* species for horizontal resistance against late blight (*Phytophthora infestans*) and its use for breeding programmes. Abstracts 8<sup>th</sup> triennial conference EAPR, Munnich, 34-35.
- Thieme, R., U. Darsow, T. Gavrilenko, D. Dorokhov & H. Tiemann, 1997: Production of somatic hybrids between *S. tuberosum* L. and late blight resistant Mexican wild potato species. *Euphytica* **97**, 189-200.
- Thieme, R., T. Gavrilenko, U. Darsow, U. & K. Sonntag, 2004: Nutzung der somatischen Hybridisierung zur Verbesserung von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bei Solanaceen. *Vorträge Pflanzenzüchtung* **64**, 101-103.
- Tooley, P.W. & C.D. Therrien, 1987: Cytometric determination of the nuclear DNA content of 23 Mexican and 18 non-Mexican isolates of *Phytophthora infestans*. *Experimental Mycology* **11**, 19-26.
- Toxopeus, H.J., 1958: Some notes on the relations between field resistance to *Phytophthora infestans* in leaves and tubers and ripening time in *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*. *Euphytica* **7**, 123-130.
- Toxopeus, H.J., 1964: Treasure digging for blight resistance in potatoes. *Euphytica* **13**, 206-222.
- Trognitz, F.C., P.M. Manosalva, D.O. Nino-Liu, M.R. Herrera, M. Ghislain, B.R. Trognitz & R.J. Nelson, 2002: Plant defense genes associated with quantitative resistance to potato late blight in *Solanum phureja* x *S. tuberosum* hybrids. *Molecular Plant Microbe Interact* **15**, 587-597.
- Turkensteen, L.J., 1993: Durable resistance of potatoes against *Phytophthora infestans*. In: Jacobs, Th. & J.E. Parlevliet: Durability of disease resistance. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 115-124.
- Umaerus, V., 1987: Disease assessment of late blight (*Phytophthora infestans*) in the foliage. In: Anon.: Potato disease assessment keys. EAPR 21-27.
- Umaerus, V. & M. Umaerus, 1994: Inheritance of resistance to late blight. In Bradshaw, J.E. & G.R. Mackay: Potato genetics. CAB International Wallingford, UK, 365-401.
- Visker, M.H.P.W., L.C.P. Keizer, H.J. van Eck, E. Jacobsen, L.T. Colon & P.C. Struik, 2003. Can the QTL for late blight resistance on potato chromosome 5 be attributed to foliar maturity type? *Theoretical & Applied Genetics* **106**, 317-325.
- Visker, M.H.P.W., H.M.G. van Raaij, L.C.P. Keizer, P.C. Struik & L.T. Colon, 2004: Correlation between late blight resistance and foliage maturity type in potato. *Euphytica* **137**, 311-323.
- Visker, M., 2005: Association between late blight resistance and foliage maturity type in potato. Physiological and genetic studies. Ph.D. thesis, Wageningen University, Wageningen, 160 p.
- Vleeshouwers, V.G.A.A. 2000: Molecular and cellular biology of resistance to *Phytophthora infestans* in *Solanum* species. Ph.D. thesis Wageningen University, Wageningen, 134 p.
- Vleeshouwers, V.G.A.A., W. van Dooijsweert, F. Govers, S. Kamoun & L.T. Colon, 2000a: The hypersensitive response is associated with host and non-host resistance to *Phytophthora infestans*. *Planta* **210**, 35-42.
- Vleeshouwers, V.G.A.A., W. van Dooijsweert, F. Govers, S. Kamoun & L.T. Colon, 2000b: Does basal PR gene expression in *Solanum* species contribute to non-specific resistance to *Phytophthora infestans*? *Physiological and Molecular Plant Pathology* **57**: 35-42.
- Vossen, E. van der, J. Gros, A. Sikkema, M. Muskens, D. Wouters, P. Wolters, A. Pereira & S. Allefs, 2005: The Rpi-blb2 gene from *Solanum bulbocastanum* is a Mi-1 ortholog conferring broad spectrum late blight resistance in potato and tomato. *The Plant Journal* **42**, 713-722.
- Walmsley-Woodward, D.J. & B.G. Lewis, 1977: Laboratory studies of potato tuber resistance to infection by *Phytophthora infestans*. *Annals of Applied Biology* **85**, 43-49.
- Warren, R.C. & J. Colhoun, 1975: Viability of sporangia of *Phytophthora infestans* in relation to drying. *Trans. British Mycological Society* **64**, 73-78.
- Wastie, R.L., P.D.S. Caligari, H.E. Stewart & G.R. McKay, 1987: A glasshouse progeny test for resistance to tuber blight (*Phytophthora infestans*). *Potato Research* **30**, 533-538.
- Wastie, R.L., 1991: Breeding for resistance. In: Ingram, D.S. & P.H. Williams: *Phytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. *Advances in Plant Pathology* Vol.7, 193-224.
- Waugh, M., P. Hraber, J. Weller, Y. Wu, G. Chen, J. Inman, D. Kiphart, B. Sobral, Y.H. Wu & G.H. Chen, 2000: The *Phytophthora* Genome Initiative database: Informatics and analysis for distributed pathogenomic research. *Nucleic Acids Research* **28**, 87-90.
- Wegener, C.B., 2002: A transgen mediated soft rot resistance in potatoes in comparison with traditional cultivars and breeding clones. Abstracts 15<sup>th</sup> triennial conference of EAPR, July 14-19, Hamburg, 308.

- Wilde, P., 1961: Ein Beitrag zur Kenntnis der Variabilität von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Archiv Mikrobiologie* **40**, 163-195.
- Wullf, E.G., E.V. Gonzales, J.A. Ortega, S. Torres, P. Manosalva, S. Gamboa, R. Nelson & M. Bonierbale: Genes in the phenylpropanoid pathway associated with quantitative resistance to late blight in both pre-bred and wild potatoes. Proceedings of the global initiative on late blight conference Hamborg, 11-13 July 2002, 156.
- Young, N.D., 1999: A cautiously optimistic vision for marker-assisted breeding. *Molecular Breeding* **5**, 505-510.
- Zaag, D.E. van der, 1959: Some observations on breeding for resistance to *Phytophthora infestans*. *European Potato Journal* **2**, 278-286.
- Zimnoch-Guzowska, E. & B. Flis, 2002: Resistance evaluation of *Phytophthora infestans* in potato. GILB'02 Conference Late blight: Managing the global treat. July 11-13, 2002, Hamborg, paper.
- Zimnoch-Guzowska, E., L.T. Colon, B. Nielsen, U. Darsow, J.G. Hansen & A.K. Lees, 2005: The EUCABLIGHT late blight resistance database. Abstracts 16<sup>th</sup> triennial conference of EAPR, July 17-22, Bilbao, 113-117.
- Zwankhuizen, M.J. & J.C. Zadoks, 2002: *Phytophthora infestans*' 10year truce with Holland: a long-term analysis of late-blight epidemics in the Netherlands. *Plant Pathology* **51**, 413-423.

## 14 Danksagung

An der bisherigen Bearbeitung der quantitativen *Phytophthora*-Resistenz für züchterische Nutzung haben eine Reihe von Kolleginnen und Kollegen mitgewirkt. Die Anfänge setzten unter Prof. Dr. Schicks Leitung Frau Dr. S. Jeschke und Dr. H. Oertel. Besonders zu danken ist aus dem ILK dem Direktor Prof. Dr. P. Wehling. Frau K. Böhm als Assistentin und Frau U. Dominik als Facharbeiterin hatten durch fleißigen und umsichtigen Einsatz ihrer Berufserfahrung wesentlichen Anteil am Gelingen. Frau Dr. K. Sonntag und Dr. R. Thieme wird besonders für Fusionen, Ploidiebestimmungen und Depot-Haltung von Zuchtmaterial gedankt. Der Gruppe Versuchsfeld mit dem Leiter, Herrn Pienz, wird für umfangreiche Unterstützung, Frau Chr. Voß und Frau Chr. Bartsch als häufigsten Helfern für qualifizierte Mitarbeit gedankt. Für kollegiale, gute Zusammenarbeit ist Dr. H. U. Jürgens und darüber hinaus vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BAZ am Standort zu danken. Mein Dank gilt auch Prof. Dr. T. Kühne und Prof. Dr. M. Neumann für Unterstützung.

Für sehr gute Zusammenarbeit wird Dr. K. Dehmer, Dr. K. Schüler und Mitarbeiterinnen von der Genbank gedankt, Frau Dr. L. Schilde-Rentschler, Tübingen, für die Arbeit mit Fusionaten, Dr. I. Wulfert, Dr. J. Kruse, Dr. Walter vom Pflanzenschutzamt Rostock für Nematodenresistenzprüfungen und Untersuchung auf Quarantäneerreger, Dr. B. Schöber-Butin, Dr. F. Niepold, Dr. H. Stachewicz, Dr. Plath, Dr. Langerfeld von der BBA für Erregerisolate, Resistenzprüfungen auf *Phytophthora*, Krebs, *Erwinia*, *Fusarium*.

Den Sortenzüchtern und Geschäftsführern der Zuchtfirmen wird für überlassene Sorten als Kreuzungseltern, für Diskussionen, kooperative und kritische Begleitung in Züchtungsfragen gedankt. Besonderer Dank gebührt auch den Kollegen vom Büro der GFP für Zusammenarbeit bei Projekten und gemeinsamen Veranstaltungen.

Minister Seehofer und seinen Vorgängern im Amt wird für bisherige Unterstützung gedankt.

Groß Lüsewitz, 12.12.2007.

## 15. Farbtafeln - Vorlaufzüchtung der Kartoffel



**Abb. 1** Krautfäule, verursacht durch *Phytophthora infestans*.



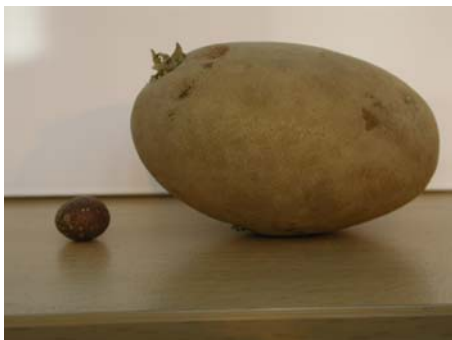
**Abb. 2** Braunfäule, verursacht durch *Phytophthora infestans*.



**Abb. 4** Stängelbefall in der Krautfäuleresistenzprüfung (ohne Fungizid).



**Abb. 5** Sehr früher Stängelbefall in der Krautfäuleresistenzprüfung, lange vor Blattbefall, bei Nachkommen von *S. phureja*.



**Abb. 6** Größenverhältnis links Wildart, rechts Kulturkartoffel.



**Abb. 7** Veränderung der Knollenbildung von der resistenten Wildart (im Gewächshaus, links) über die Kreuzung Wildart x Sorte im Feld (F1, 2. Bild v. links) und die 2., 3., 4. Rückkreuzung daraus (je 2 Knollen von links nach rechts).



**Abb. 8** *Solanum demissum*.



**Abb. 9** *Solanum demissum* x *Solanum stoloniferum*.



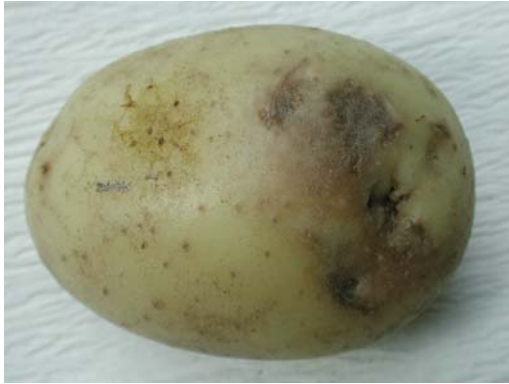
**Abb. 10** Stolonenbildung bei *S. demissum* x *S. tuberosum* ssp. *Tuberosum* im Feld.



**Abb. 11** Infektion durch Lentizellen.



**Abb. 12** Eindringen des Erregers durch den Nabel.



**Abb. 13** Infektion durch Augen und Schürfwunde bzw. Ritzwunde.

**Abb. 14** Pikieren dihaploider Sämlinge in Vorbereitung auf die Inokulation mit *Phytophthora*-Suspension (Auslese auf Krautfäuleresistenz).



**Abb. 15** Kartoffelpflanzen aus Samen gezogen, 7 Tage nach dem Auflaufen.



**Abb. 16** Sämlingsauslese auf Krautfäuleresistenz. Links hoch anfällige Population, rechts quantitativ hoch resistente Population am Tage der Selektion.



**Abb. 17** Einzelblatttest. Jede Zeile - ein Klon.



**Abb. 18** Befallsbewertung im Einzelblatttest nach 6 Tagen, Fleckengröße und Intensität der Sporangienbildung.



**Abb. 19** Nekrotisierung der Haarbasis, Note 8.



**Abb. 20** Nekrotisierung des Blattgewebes unter dem Tropfen, Note 7.



**Abb. 21** Nekrotisierung rechts 6, links Note 1 unten, 2 oben.



**Abb. 22** Nekrotisierung 5 im Blatttest nach 6 Tagen.



**Abb. 23** Spezielle Prüfung auf quantitative Krautfäulerresistenz mit Beregnung, Inokulation und Windschutz.



**Abb. 25** Sämlingsprüfung auf Braunfäuleresistenz mit Anschnitt und Tauchinokulation.



**Abb. 26** Sämlingsprüfung auf Braunfäuleresistenz, resistente und anfällige Genotypen.



**Abb. 27** Sämlingsprüfung auf Braunfäuleresistenz, Luftmyzel nach 6 Tagen, Noten von links: 3, 6, 5, 5.



**Abb. 28** Sämlingsprüfung auf Braunfäuleresistenz, Verbräunung von links: 7, 6, 4.





**Abb. 29** Sämlingsprüfung auf Braunfäuleresistenz, Verbräunung von links: 4, 3, 2, 1.



**Abb. 30** Prüfung auf Braunfäuleresistenz im Scheibentest, 6 Tage nach Inokulation.



**Abb. 31** Tauchen frisch geernteter Knollen in Sporensuspension im Test ganzer Knollen. Ein Beutel enthält einen Klon.



**Abb. 32** Test erntefrischer, unverletzter Knollen der Sorte Resy. Die nach neun Tagen noch nicht erkennbar befallenen Knollen waren 11 Tage nach Inokulation auch braunfaul.



**Abb. 33** Test erntefrischer, unverletzter Knollen. Ergebnis nach 28 Tagen: Klon 118 hoch anfällig, Klon 188 sehr resistent.



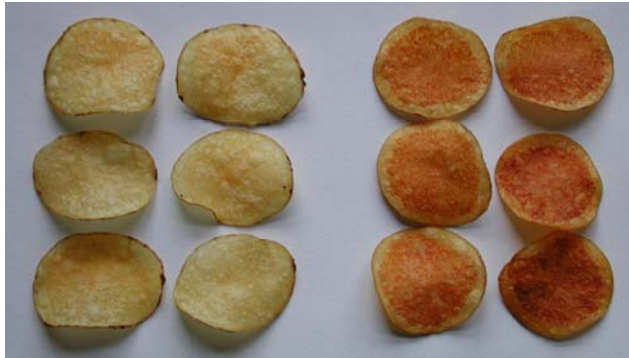
**Abb. 34** Test erntefrischer, unverletzter Knollen. Ausbreitungsresistenz von Rinde und Leitbündel bei einem Klon mit quantitativer Resistenz.



**Abb. 35** Variabilität der *Phytophthora*-resistenten Klone in der Neigung zu Schwarzfleckigkeit.

**Abb. 36** Schwarzfleckigkeit von links: oben 4 und 1, unten 7 und 6.

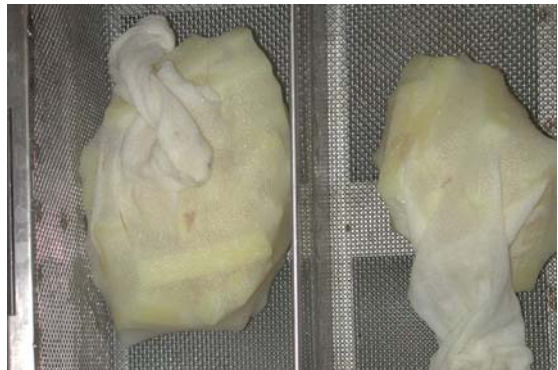




**Abb. 37** Prüfung auf Eignung zur Chipsherstellung nach Lagerung bei 4°C. Links geeigneter Klon, Note 7, rechts Note 5 (Acrylamidgehalt zu hoch).



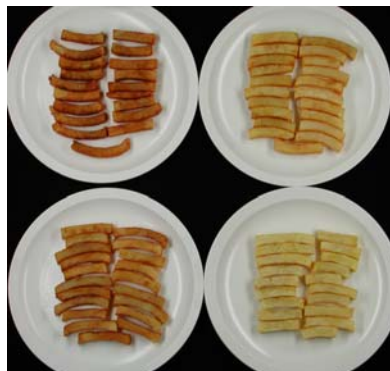
**Abb. 38** Abspülen und Abtropfen der Kartoffelstäbe für Pommes frites.



**Abb. 39** Einsatz zum Blanchieren der Pommesstäbe von zwei Zuchtstämmen.



**Abb. 40** Abtropfen nach dem Vorfrittieren drei Minuten bei 180°C.



**Abb. 41** Untersuchung auf Eignung zur Herstellung von Pommes frites. Links Note 3 oben, 4,5 unten, rechts oben Note 6,5 unten 8.



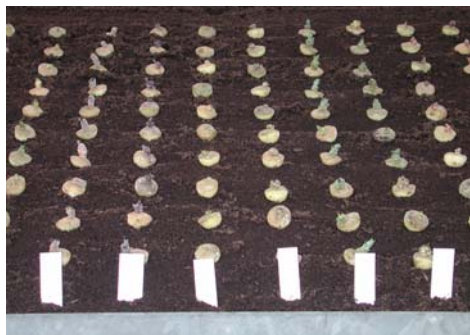
**Abb. 42** Speisewertprüfung: Aussehen 2 bzw. 1, Zerkochen 3 bzw. 2.



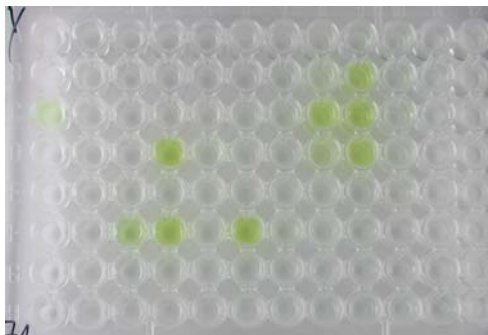
**Abb. 43** Zerkochte Kartoffeln (Note 1).



**Abb. 44** Prüfung der Konsistenz.



**Abb. 45** Augenstecklingsprüfung zur Untersuchung des Virusbefalls.



**Abb. 46** Testplatte zum Nachweis von PVY im ELISA.



**Abb. 47** Befall mit *Alternaria* sp., Typ kleiner Flecken.



**Abb. 48** Befall mit *Alternaria* sp., Typ großer Flecken.



**Abb. 49** Befall mit *Botrytis* sp.



**Abb. 50** Befall mit *Alternaria* sp. und *Botrytis* sp., Sarpö Mira.



**Abb. 51** Schalenbeschaffenheit sehr rau.



**Abb. 52** Schalenbeschaffenheit genetzt.



**Abb. 53** Schalenbeschaffenheit links etwas rau, rechts glatt.



**Abb. 54** Nabelstutzen.



**Abb. 55** Lentzellengröße 2, -zahl 4, Knollenform birnig.



**Abb. 56** Augentiefe 8, BAZ-GL-00.1143.07 mit hoher *Phytophthora*-Resistenz und Speiseeignung.



**Abb. 57** Keimruhetiefe von links oben: Beispiel Note 8-1.



**Abb. 58** Untersuchung auf Rohverfärbung. Bewertung nach 18 Stunden. Hier Note 7, 5, 5, 4, 3, 1.



**Abb. 59** Eisenfleckigkeit als innerer Mangel.



**Abb. 60** Schorfbefall Note 2, Sorte Champion, Irland 1995.



**Abb. 61** Kreuzung, Emaskulieren der zwittrigen Blüten 2 Tage vor dem Bestäuben.



**Abb. 62** Beerenbildung 7 Tage nach Bestäubung im Falle guter Fertilität.

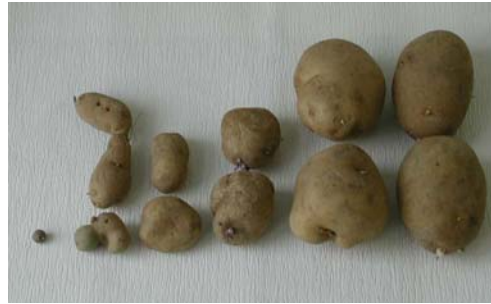


**Abb. 63** Beerenwachstum und -reifung.





**Abb. 64** Auflaufende Kartoffelsamen.



**Abb. 65** Beispiele der Veränderung von Knollengröße und -form durch Vorlaufzüchtung. Von links Wildart, F1, F1, BC1, BC2, BC4.



**Abb. 66** BAZ-GL-96.7036.03, BC1, [(*S. demissum* x *S. stoloniferum*) x Sorte] x Sorte, Aufnahme am 04.08. 2001.



**Abb. 67** Hohe männliche und weibliche Fertilität führt zur Beerenbildung in 4-6 Tagen.



**Abb. 68** A-Klone, 22.06.2002. Von links F1 (dms x sto) x tbr, F1 (dms x adg) x tbr, (pta x tbr) x tbr.



**Abb. 69** BAZ-GL-00.1218.01, BC3 aus *S. circaefolium*.



**Abb. 70** BAZ-GL-01.1336.01, BC2 aus *S. bulbocastanum*.



**Abb. 71** Blattrollkrankheit, verursacht durch PLRV.



**Abb. 72** Vordere Reihe sowie rechts und links in der Mittelreihe Pflanzen mit schwerem Mosaik, verursacht durch PVY. Mittlere Pflanze und hintere Reihe gesund.



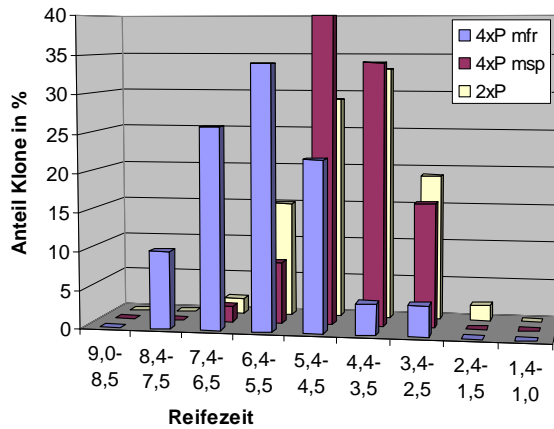
**Abb. 73** Zuchtgarten Kartoffeln des Institutes für landwirtschaftliche Kulturen der BAZ am Standort Groß Lüsewitz.



**Abb. 74** Anzucht von Kartoffelsämlingen aus Samen.



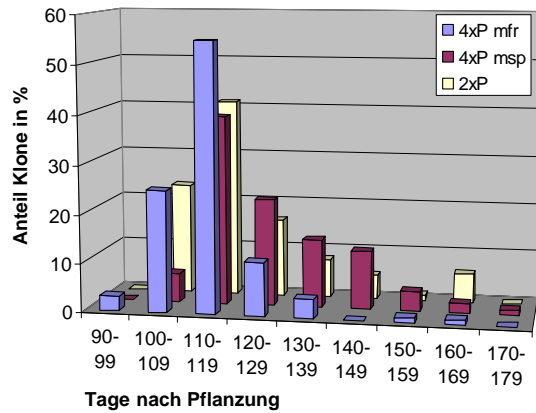
**Abb. 75** Pflanzung der Feldprüfung auf Krautfäule-Resistenz.



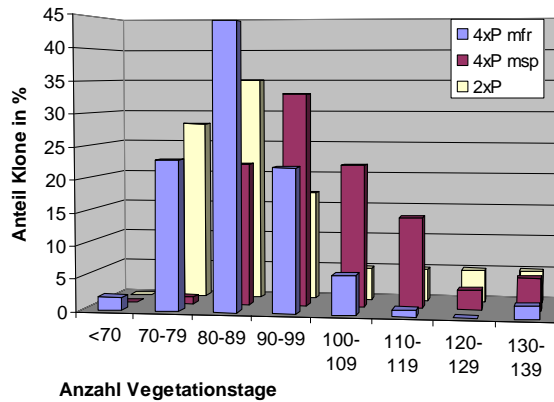
**Abb. 76** Reifezeit der Klone in der Leistungsprüfung 2006, Richtung *Phytophthora*-Resistenz. Benotung der Vergilbung.



**Abb. 77** Gruppe 1, früh bis mittelfrüh reife *Phytophthora*-resistente Klone, 08.08.2002.



**Abb. 78** Reifezeit der Klone in der Leistungsprüfung 2006, Richtung *Phytophthora*-Resistenz. Bewertet anhand der Anzahl Tage von der Pflanzung bis zum Absterben.



**Abb. 79** Reifezeit der Klone in der Leistungsprüfung 2006 der Richtung *Phytophthora*-Resistenz. Bewertet anhand der Anzahl Tage vom Auflaufen bis zum Absterben.



**Abb. 80** Feldprüfung auf Krautfäule-resistenz. Abreife mit geringem Befall ist erwünscht wie in der Mitte.

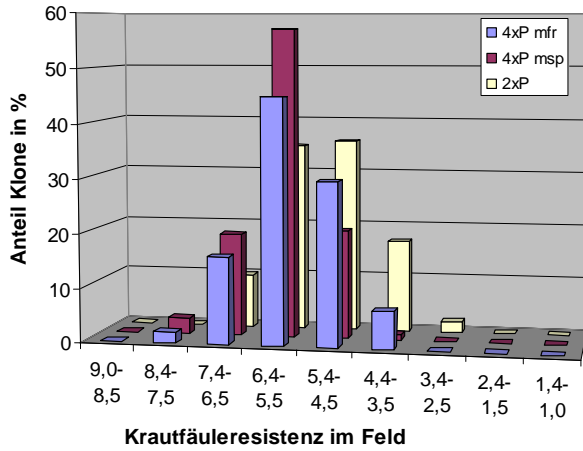


Abb. 81 Krautfäuleresistenz der Klone des ILK in der Feldprüfung 2006.



Abb. 82 Gemeinsamer Befall von *Alternaria* sp. und *Botrytis* sp.

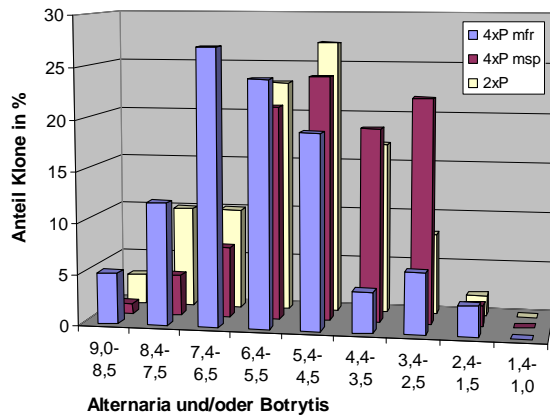
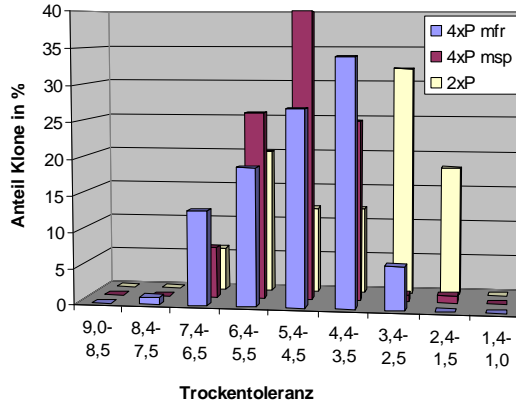
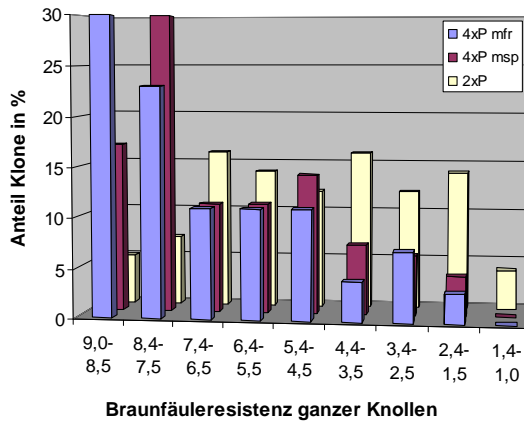


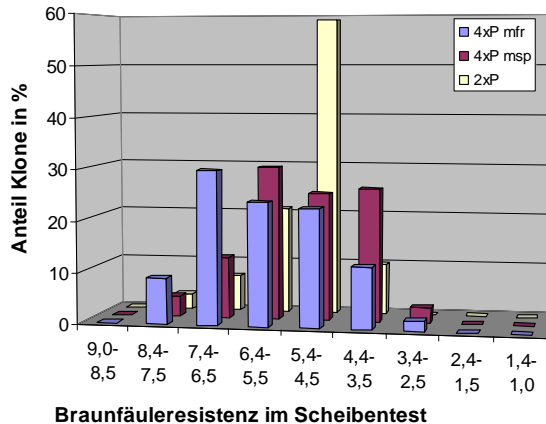
Abb. 83 Gemeinsamer Befall von *Alternaria* sp. und *Botrytis* sp. im *Phytophthora*-resistenten Material der Leistungsprüfung 2006.



**Abb. 84** Trockentoleranz der Leistungsprüfung 2006 der Richtung *Phytophthora*-Resistenz.



**Abb. 85** Braunfäuleresistenz im Test ganzer Knollen im Jahr 2006.



**Abb. 86** Braunfäuleresistenz im Scheibentest im Jahr 2006.

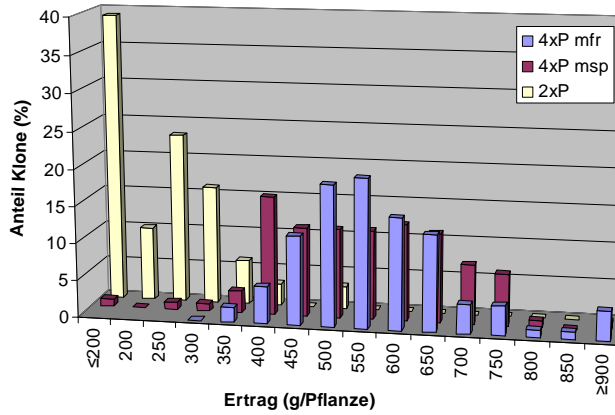


Abb. 87 Ertrag im *Phytophthora*-resistenten Material der Leistungsprüfung 2006.

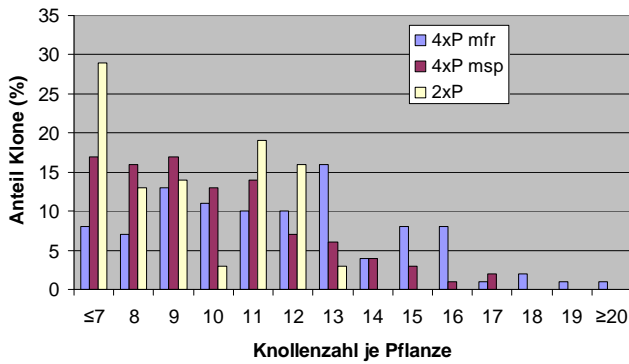


Abb. 88 Knollenzahl im *Phytophthora*-resistenten Material der Leistungsprüfung 2006.

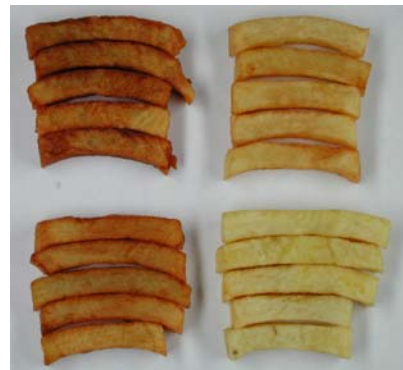


Abb. 89 Frittieretest zur Eignung für Pommes frites. Links ungeeignet, rechts geeignete *Phytophthora*-resistente Klone.





**Abb. 90** *Phytophthora*-resistenter Klon, geeignet für Pommes frites, BAZ-GL-01.1293.01.



**Abb. 9** BAZ-GL-01.1555.13, *Phytophthora*-resistent, geeignet für Pommes frites und Speise, resistent gegen Pa2 und Ro1.,



**Abb. 92** Ergebnis der Chipsprüfung *Phytophthora*-resistenter Klone, Noten 1-6,5 in diesem Ausschnitt.



**Abb. 93** BAZ-GL-00.1106.05, *Phytophthora*-resistent, geeignet für Chips und Speise.



**Abb. 94** *Phytophthora*-resistente Dihaploide im Zuchtgarten.



**Abb. 95** BAZ-GL-01.1483.08 dihaploid, *Phytophthora*-resistent, geeignet für Pommes frites und Speise, resistent gegen Pa2 und Ro1.



**Abb. 96** BAZ-GL-97.7006.01 dihaploid, *Phytophthora*-resistent, reift mit geringem Befall auf dem *Phytophthora*-Feld.



**Abb. 97** BAZ-GL-93.69.84.07, 22% Stärke, hohe *Phytophthora*-Resistenz.



**Abb. 98** BAZ-GL-5015.13, früh bis mittelfrüh, 20% Stärke, hohe *Phytophthora*-Resistenz.



**Abb. 99** BAZ-GL-00.1076.10, früh bis mittelfrüh, Stärke, hohe *Phytophthora*-Resistenz, Resistenz gegen Pa2, Pa3.



**Abb. 100** Dihaploide Klone mit Resistenz gegen *Globodera pallida*.



**Abb. 101** Beispiel einer guten *Phytophthora*-resistenten Speisekartoffel.



**Abb. 102** BAZ-GL-99.8084.01, hohe *Phytophthora*-Resistenz, Speiseeignung.



**Abb. 103** Kochverfärbung *Phytophthora*-resistenter Klone.

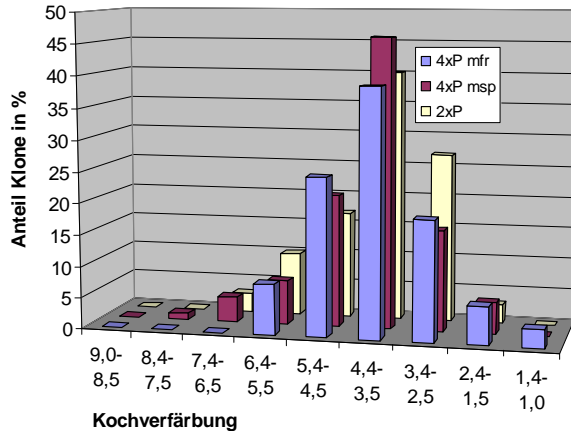


Abb. 104 Kochverfärbung *Phytophthora*-resistenter Klone der Leistungsprüfung 2006.

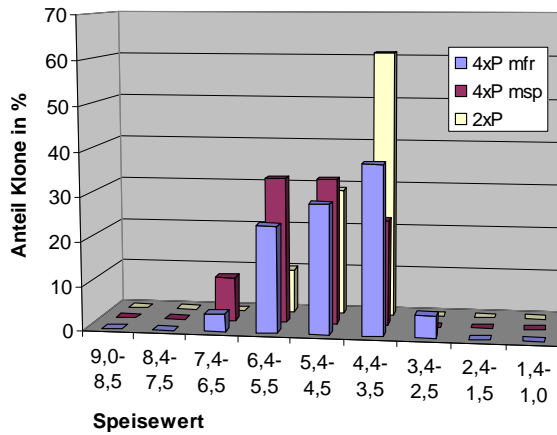


Abb. 105 Speisewert *Phytophthora*-resistenter Klone der Leistungsprüfung 2006.



**Abb. 106** BAZ-GL-00.1143.07, hohe *Phytophthora*-Resistenz, Speiseeignung.



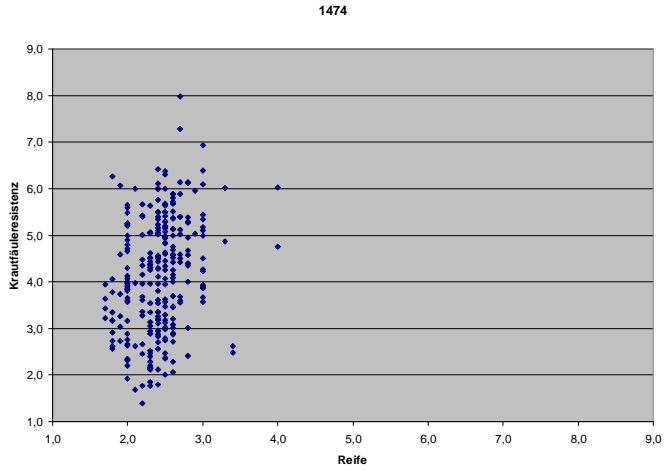
**Abb. 107** BAZ-GL-00.1206.05, hohe *Phytophthora*-Resistenz, Speiseeignung.



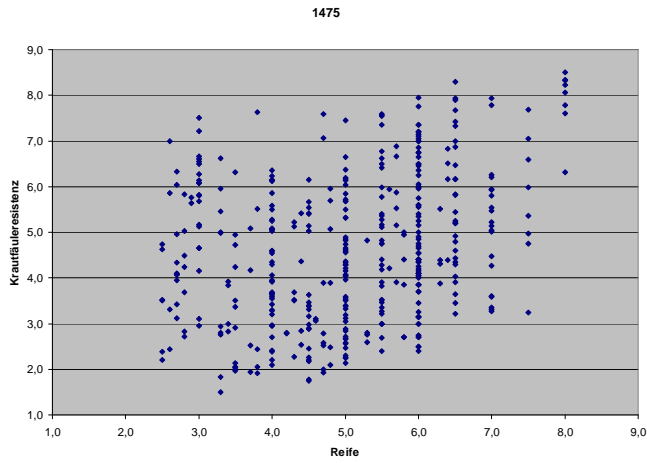
**Abb. 108** BC3 aus *S. stoloniferum*, hohe *Phytophthora*-Resistenz, Speiseeignung.



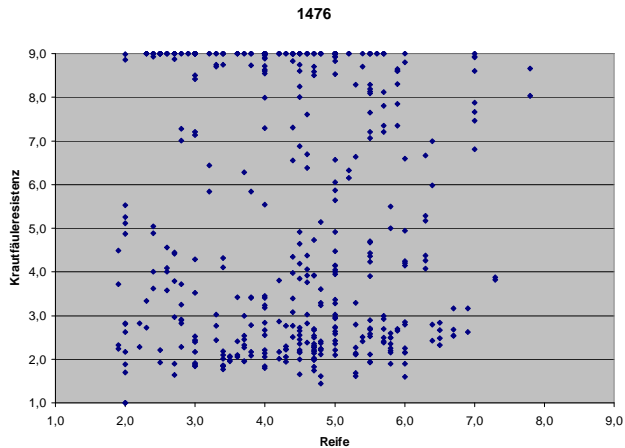
**Abb. 109** BAZ-GL-00.1186.04, hohe *Phytophthora*-Resistenz, Speiseeignung, Schwarzfleckigkeit 8.



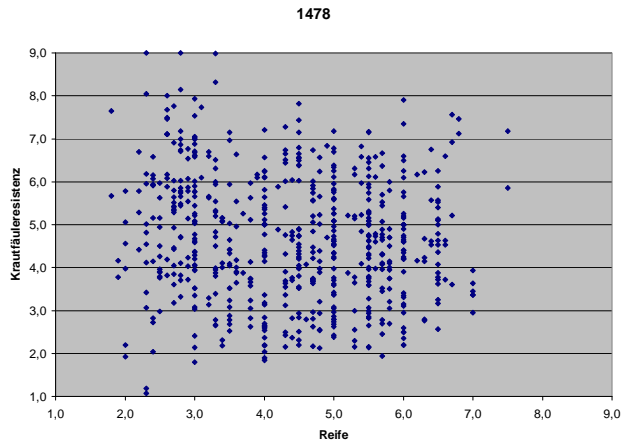
**Abb. 110** Krautfäuleresistenz und Reifezeit der dihaploiden Population 1474 im Jahr 2004.



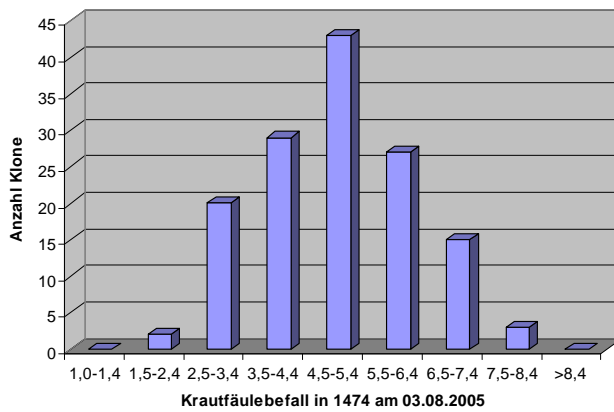
**Abb. 111** Krautfäuleresistenz und Reifezeit der tetraploiden Population 1475 im Jahr 2004.



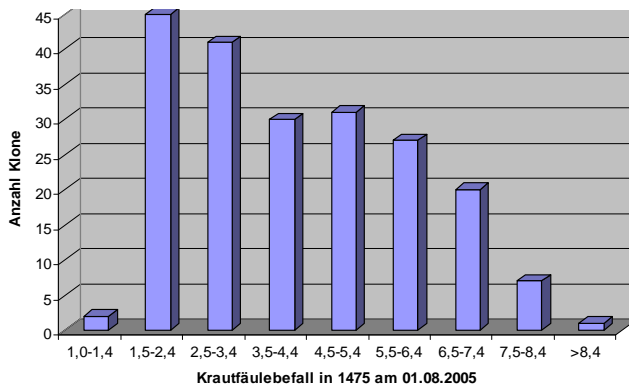
**Abb. 112** Krautfäuleresistenz und Reifezeit der tetraploiden Population 1476 im Jahr 2004.



**Abb. 113** Krautfäuleresistenz und Reifezeit der tetraploiden Population 1478 im Jahr 2004.



**Abb. 114** Krautfäulebefall der dihaploiden Population 1474 im Jahr 2005.



**Abb. 115** Krautfäulebefall der tetraploiden Population 1475 im Jahr 2005.

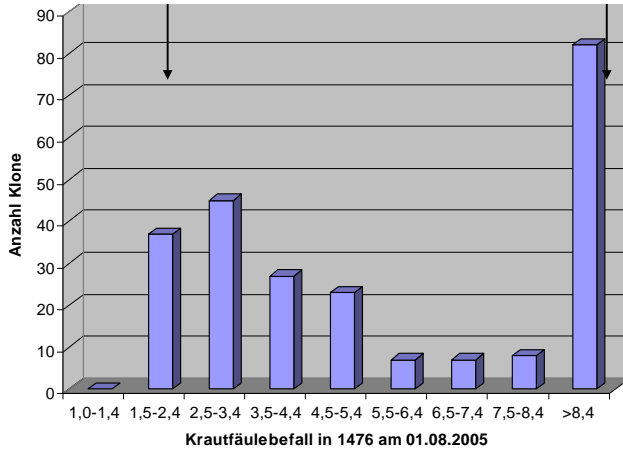


Abb. 116 Krautfäulebefall der tetraploiden Population 1476 im Jahr 2005.

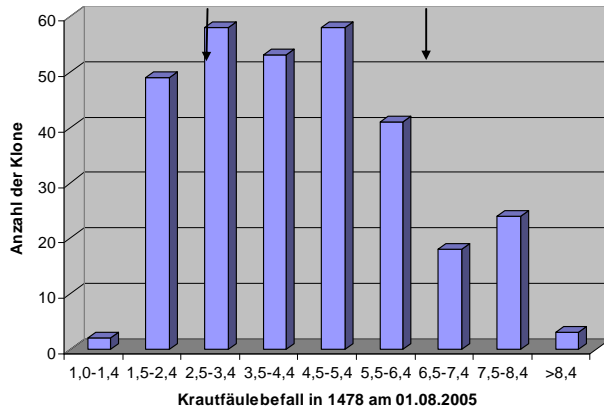


Abb. 117 Krautfäulebefall der tetraploiden Population 1478 im Jahr 2005.

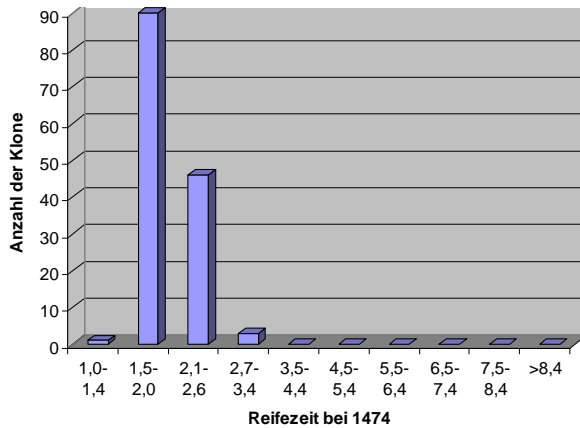
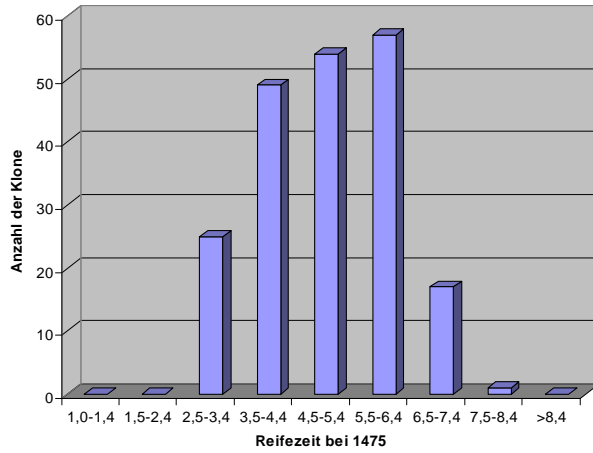
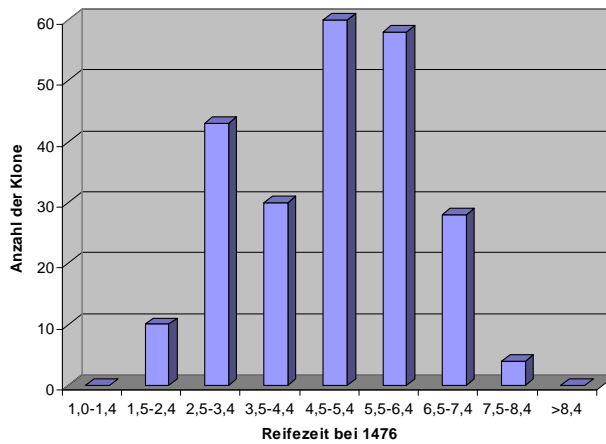


Abb. 118 Reifezeit der dihaploiden Population 1474 im Jahr 2005.

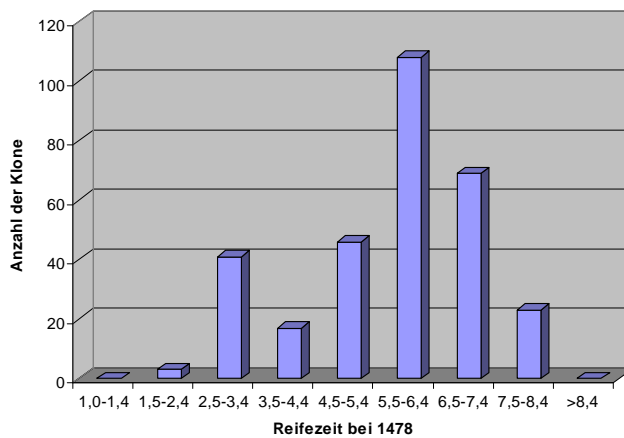




**Abb. 119** Reifezeit der tetraploiden Population 1475 im Jahr 2005.



**Abb. 120** Reifezeit der tetraploiden Population 1476 im Jahr 2005.



**Abb. 121** Reifezeit der tetraploiden Population 1478 im Jahr 2005.



## Veröffentlichungen des JKI

Öffentlichkeit und die Fachwelt versorgen wir mit verschiedenen Informationsangeboten über alle Aspekte rund um die Kulturpflanzen. Hierfür stehen verschiedene Broschüren, Faltblätter, Fachzeitschriften und Monographien aber auch verschiedene Datenbanken als Informationsressourcen zur Verfügung.

Für die Allgemeinheit sind vor allem die Faltblätter gedacht, die über Nützlinge im Garten, aber auch über spezielles wie den Asiatischen Laubholzbockkäfer informieren. Außerdem ist der regelmäßig erscheinende Jahresbericht allgemein interessant, vor allem mit den umfassenden Artikeln zu besonderen Themen, die Sie aber auch hier im Internet auf den thematisch dazugehörigen Seiten finden.

Seit 1906 erscheinen die Mitteilungshefte, eine Reihe von Monographien unterschiedlichster Themen aus dem Bereich der Forschungsarbeiten und gesetzlichen Aufgaben. Alle bisher erschienenen Ausgaben sind OPEN ACCESS kostenfrei im Internet zu lesen. Die älteste wissenschaftliche Zeitschrift des JKI ist seit den 1920er Jahren das Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes.

Ab 2009 wird vom Julius Kühn-Institut als wissenschaftliches Fachorgan das Journal für Kulturpflanzen – Journal of Cultivated Plants monatlich herausgegeben.

Vieles wird als downloadbare PDF- oder HTML-Datei angeboten. Anderes kann bei unseren Verlagen oder bei der Pressestelle gedruckt bestellt werden.

Weiterführende Informationen über uns finden Sie auf der Homepage des Julius Kühn-Instituts unter <http://www.jki.bund.de> im Bereich Veröffentlichungen.

Spezielle Anfragen wird Ihnen unsere Pressestelle ([pressestelle@jki.bund.de](mailto:pressestelle@jki.bund.de)) gern beantworten.

Anschrift für **Tauschsendungen**:

Please address **exchanges** to:

Adressez **échanges**, s'il vous plait:

Para el **canje** dirigirse por favor a:

Informationszentrum und Bibliothek  
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Königin-Luise-Straße 19  
D-14195 Berlin, Germany  
E-Mail: [ib@jki.bund.de](mailto:ib@jki.bund.de)

## **Vorlaufzüchtung der Kartoffel auf quantitative *Phytophthora*-Resistenz im ILK Groß Lüsewitz in der Ressortforschung des BMELV**

Quantitative (relative, partielle, horizontale, polygene oder relative) *Phytophthora*-Resistenz stellt die schwierige, aber dauerhafte polygene Alternative zur einfach vererbten rassenspezifischen Resistenz auf der Grundlage der Überempfindlichkeit dar, die bei der langsamen Generationenfolge in der Kartoffelzüchtung den Wettlauf mit der Anpassung der Erreger-population stets verlor. Polygen bedingte Resistenz tritt mit dem Abstand zur Wildart in abnehmender Häufigkeit in der Nachkommenschaft auf, hat höhere prüfungsmethodische Anforderungen und verlangt zuchtmethodische Umstellungen. International wurden diese Erfordernisse nicht oder nicht konsequent berücksichtigt und blieb Erfolg in der Nutzung quantitativer *Phytophthora*-Resistenz meist aus. Daraus ergibt sich eine ungerechtfertigte Geringachtung dieser Resistenzform. Die hier vorgelegten Ergebnisse der Vorlaufzüchtung im ILK der BAZ beweisen die Kombinierbarkeit der quantitativen Kraut- und Braunfäuleresistenz mit allen erwünschten Merkmalsausprägungen bei der Kartoffel einschließlich früher Reife, entgegen der Lehrmeinung und dem internationalen Stand der Wissenschaft sowie der Erfahrung in der ausländischen Sortenzüchtung. Die Gründe werden erläutert.

Die Fortsetzung der Vorlaufzüchtung für quantitative *Phytophthora*-Resistenz in der Ressortforschung des BMELV begründet sich aus ihrem Beitrag zum Umwelt- und Verbraucherschutz, dem erreichten Zuchtniveau, der realistischen Chance erfolgreicher Nutzung in der Sortenzüchtung, dem damit verbundenen nationalen Vorteil angesichts des internationalen Notstandes hinsichtlich *Phytophthora*-Resistenz, dem Potential für nachhaltigen Kartoffelbau, aus dem nötigen Entgegenwirken gegen Genverlust in der Stammbaumzüchtung (Klonzüchtung) und nicht zuletzt dem Erfordernis der Erzeugung geeigneten Untersuchungsmaterials für Grundlagen- und angewandte Forschung.

## **Pre-breeding for quantitative resistance of potato to late blight at the Institute of Agricultural Crops Groß Lüsewitz in the departmental research of BMELV**

Quantitative (partial, horizontal, polygenic or relative) resistance of potato foliage to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary is the difficult, but durable alternative to the simple inherited race-specific hypersensitivity, which was overcome before a new gene for resistance could be introduced into a new potato cultivar. Polygenic determined resistance occurred in a part of the progeny which decreased with the distance to used wild species. Higher demands on methods of assessment are to consider and changes in breeding methods are necessary. These demands were international not consequently or not fulfilled and good results in using of blight resistance could not be reached. Therefrom unjustified disregard followed for this type of resistance. The given results prove that quantitative blight resistance on foliage and tubers can be combined with all desired traits of potato including earliness and quality. This is just the opposite of the teaching of science and experience of variety breeding. Reason for that is explained in this paper.

Continuation of pre-breeding for quantitative late blight resistance of potato in departmental research of BMELV is legitimated by its potential contribution to environmental and consumer protection, by the breeding results up till now, by world-wide shortage of blight resistant pre-breeding material and cultivars, by the potential competitive advantage of German breeding enterprises from it, by its potential for sustainable agriculture, by necessity to counteract the loss of genes in potato breeding and by the demand on suitable potato material for basic and applied research in Germany.