

**Ökologische Tomatenzüchtung für das Freiland:
Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der F₂-Generation**

Selection for *Phytophthora* field resistance in the F₂ generation of organic outdoor tomatoes

B. Horneburg^{1,2}

Keywords: plant protection, vegetable production, *Phytophthora*

Schlagwörter: Pflanzenschutz, Gemüsebau, *Phytophthora*

Abstract:

*Tomatoes are the most important vegetable in Germany, but outdoor tomato production has almost ceased to exist due to increasing infections with late blight (*Phytophthora infestans*). Within organic agriculture research is done to foster the development of regionally adapted and open pollinated varieties of outdoor tomatoes. In the present experiment three crosses, including wild-, cocktail-, and beefsteak- tomatoes, were selected in the F₂ generation for field resistance against late blight at one location per cross. The comparison of positive and negative selection in the F₃ revealed the technique to be efficient. Other traits including yield, fruit weight, days to maturity, harvest period and plant height showed effects differing with location and cross, but the selection for suitable traits seems to be promising.*

Einleitung:

Obwohl Tomaten das beliebteste Gemüse in Deutschland sind (FAO 2006), wurde die Neuzüchtung im Rahmen der anhaltenden Konzentrationsbewegungen im Saatgutsektor fast komplett ins Ausland verlagert; sie findet ganz überwiegend im geschützten Anbau statt. Meines Wissens findet Neuzüchtung nur noch innerhalb der ökologischen Landwirtschaft und gefördert von den Vereinen Dreschflegel und Kultursaat statt. Ein Teil dieser Züchtung dient dem Anbau im Freiland, der durch die erhöhte Aggressivität des Erregers der Kraut- und Braunfäule, *Phytophthora infestans*, fast zum Erliegen gekommen ist. Die Analyse von Isolaten von *P. infestans* von beiden Wirtspflanzen – Tomate und Kartoffel – aus den letzten vier Jahrzehnten offenbarte starke Veränderungen der Populationen hin zu aggressiveren Stämmen (RULLICH et al. 2002, LEBRETON & ANDRIVON 1998). Aus Sortensichtungen sind Tomatensorten mit interessanten Eigenschaften für den Anbau im Freiland bekannt (HORNEBURG 2006). Für die züchterische Arbeit ist wichtig zu wissen a) wann im Züchtungs-gang effektiv auf Feldresistenz gegen *P. infestans* ausgelesen werden kann und b) in welcher Umwelt das am besten geschieht.

Diese Untersuchung ist Teil eines Projektes zur Förderung regionaler Züchtung und Vermehrung in der ökologischen Landwirtschaft. Auslesezüchtung und Saatgutgewinnung finden im Praxisbetrieb in „gläserner Produktion“ statt. Entgegen der herrschenden Strategie werden ausschließlich nachbaufähige Sorten entwickelt, keine F₁-Hybriden.

¹Dreschflegel e.V.

²Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, Deutschland, bhorneb@gwdg.de

Methoden:

Um die Auslese auf Feldresistenz gegen *P. infestans* zu untersuchen, wurden 2004 drei Kreuzungen unterschiedlich anfälliger Eltern an jeweils einem Ort angebaut und selektiert: Rote Murrel x Zuckertraube (Demeter Saatgut-Gärtnerei Schönhagen/West-Thüringen), Golden Currant x Paprikafrörmige (Bioland-Betrieb Wember in Ellingerode/Nordhessen) und Celsior x Paprikafrörmige (Naturland-Betrieb Ehrentraut in Rhauderfehn/Ostfriesland). Rote Murrel und Golden Currant sind Wildtomaten, die aufgrund ihrer Wuchseigenschaften üblicherweise nicht eintriebig als Stabtomaten angebaut werden und sehr kleine Früchte haben (HORNEBURG & WATSCHONG 2005); Zuckertraube und Celsior gehören zu den Cocktailtomaten und Paprikafrörmige ist eine großfröchtige Fleischtomate. Der Versuch wurde in zwei Wiederholungen mit je 2x5 Elternpflanzen und 15 F₂-Pflanzen angelegt. In Schönhagen und Ellingerode wurden die Versuche durch Spätfrost kurz nach der Pflanzung stark geschädigt. Kraut- und Braunfäule wurden nach dem in HORNEBURG (2006) gegebenen Schlüssel einzelpflanzenweise bonitiert und daraus die Fläche unter der Befallskurve errechnet; je niedriger die Zahl, desto größer die Feldresistenz. Bei der Auslese der jeweils 5 besten und 5 schlechtesten F₂-Pflanzen wurden am Ende der Saison die Bonituren sowie der aktuelle Zustand der Pflanzen – Gesundheit und Behang – berücksichtigt. 2005 wurden Nachkommenschaften der 2004 selektierten F₂-Pflanzen sowie die Eltern verglichen, um zu überprüfen, ob an Einzelpflanzen bereits in der F₂ zuverlässig erblich bedingte Unterschiede in der Feldresistenz gegen *Phytophthora* zu erkennen sind. Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen mit jeweils zwei Pflanzen angelegt. Die Verrechnung der Daten erfolgte mit Plabstat, Version 2N (UTZ 1997); die Mittelwerte der Positiv- und Negativ-Auslese 2005 wurden mit dem t-Test verglichen.

Ergebnisse und Diskussion:

Im Jahr 2004 lag der mittlere Braunfäulebefall der F₂-Pflanzen für alle drei Kreuzungen erwartungsgemäß zwischen den Elternsorten (Tab. 1-3). In allen Kreuzungen war die kleinfröchtigere Sorte (Rote Murrel, Golden Currant, Celsior) weniger anfällig für *Phytophthora*-Infektionen. Positiv- und Negativ-Auslese in der F₂ unterschieden sich deutlich im Kraut- und Braunfäulebefall. Krautfäule trat bei Rote Murrel x Zuckertraube F₂ in geringerem Umfang auf, als bei der gesünderen Elternsorte Rote Murrel (Tab. 1); vermutlich weil im frühen Stadium Schäden durch *Alternaria solani* und *P. infestans* nicht sicher zu unterscheiden sind.

Tab. 1: Effekt der Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der Kreuzung Wildtomate Rote Murrel x Cocktailtomate Zuckertraube in Schönhagen 2004 und 2005.

Schönhagen 2004	Kraut- fäule FUBK ¹⁾	Braun- fäule FUBK ¹⁾	Höhe 25.8. (cm)	Pflan- zung bis Reife (Tage)	Ernte- periode (Tage)	Mittleres Frucht- gewicht (g)	Ertrag gesamt (g)
Rote Murrel	131	31	200				
Zuckertraube	150	68	101				
F ₂	115	35	195				
Positiv-Auslese	100	31	193				
Negativ-Auslese	121	44	192				
2005							
Rote Murrel	142	57	187	63,0	77,0	2,2	172
Zuckertraube	322	271	146	71,8	38,8	22,5	342
Positiv-Auslese	170	107	193	64,1	72,2	11,1	681
Negativ-Auslese	276 ***	185 ***	177 ***	67,2 *	55,3 ***	8,6 ***	418 ***

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve

*, **, ***: Signifikanter Unterschied zwischen Positiv- und Negativ-Auslese im t-test bei p<0.05, p<0.01, p<0.001

Im Nachbau 2005 war die Positiv- der Negativ-Auslese in jedem Fall in der Feldresistenz gegen *Phytophthora* überlegen (Tab. 1-3); außer in Rhaderfehn (Tab. 3) waren die Unterschiede hochsignifikant. Wie auch im Vorjahr waren die Unterschiede im Braunfäulebefall deutlicher als im Krautfäulebefall.

Tab. 2: Effekt der Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der Kreuzung Wildtomate Golden Currant x Fleischtomate Paprikaförmige in Ellingerode 2004 und 2005.

Ellingerode 2004	Kraut- fäule FUBK ¹⁾	Braun- fäule FUBK ¹⁾	Höhe 25.8. (cm)	Pflan- zung bis Reife (Tage)	Ernte- periode (Tage)	Mittleres Frucht- gewicht (g)	Ertrag gesamt (g)
Golden Currant	94	47	185				
Paprikaförmige	205	56	116				
F ₂	111	55	163				
Positiv-Auslese	90	44	178				
Negativ-Auslese	181	74	174				
2005							
Golden Currant	108	45	194	70,0	64,0	6,7	473
Paprikaförmige	176	174	145	86,3	23,5	248,4	1877
Positiv-Auslese	109	76	190	77,0	56,5	31,7	1072
Negativ-Auslese	162 ***	130 ***	194	82,1 *	44,6 **	59,8 ***	1316

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve

*, **, ***: Signifikanter Unterschied zwischen Positiv- und Negativ-Auslese im t-test bei p<0.05, p<0.01, p<0.001

Tab. 3: Effekt der Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der Kreuzung Cocktailtomate Celsior x Fleischtomate Paprikaförmige in Rhaderfehn 2004 und 2005.

Rhaderfehn 2004	Kraut- fäule FUBK ¹⁾	Braun- fäule FUBK ¹⁾	Höhe 25.8. (cm)	Pflan- zung bis Reife (Tage)	Ernte- periode (Tage)	Mittleres Frucht- gewicht (g)	Ertrag gesamt (g)
Celsior	395	363	131	80,9			
Paprikaförmige	438	402	162	79,8			
F ₂	403	386	186	80,0			
Positiv-Auslese	394	346	191	81,7			
Negativ-Auslese	422	439	169	76,3			
2005							
Celsior	380	315	106	85,7	35,8	13,8	177
Paprikaförmige	406	406	143	87,8	0,0	- ²⁾	0
Positiv-Auslese	345	319	126	95,5	21,5	40,6	124
Negativ-Auslese	358	350 **	141 ***	86,2	9,3 *	47,5	119

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve

²⁾ Fruchtgewicht ca. 200-250g

*, **, ***: Signifikanter Unterschied zwischen Positiv- und Negativ-Auslese im t-test bei p<0.05, p<0.01, p<0.001

Die Auslese hatte erheblichen Einfluss auf andere Eigenschaften: a) Der Ertrag der ertragreicheren Elternsorte wurde in Schönhagen auch von der Negativ-Auslese deutlich überschritten. In Ellingerode war die Negativ-Auslese ertragreicher als die Positiv-Auslese und der Ertrag der Paprikaförmigen wurde nicht erreicht. b) Die Ernteperiode war in jedem Fall durch die Positiv-Auslese verlängert; in zwei Fällen lag sie dichter am Niveau des besseren Elters. c) In Schönhagen und Ellingerode wurde indirekt auf frühreife Pflanzen ausgelesen. d) Das mittlere Fruchtgewicht der Kreuzungen erreichte nicht den Mittelwert der Elternsorten. Die Positiv-Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz führte gegenüber der Negativ-Auslese in Rhaderfehn und Ellingerode zu geringerem Fruchtgewicht; in Schönhagen war es umgekehrt. e) Signi-

fikante Unterschiede im Längenwachstum traten in Schönhagen und Rhaderfehnhagen auf; die Werte der Positiv-Auslese lagen dichter an denen des Elters mit höherer Feldresistenz gegen *Phytophthora*.

In allen Kreuzungen wurde in der F_2 und F_3 das Längenwachstum der wüchsigeren Elternsorte teilweise erreicht.

Trotz der erheblichen Schäden durch Spätfröste in Ellingerode und Schönhagen war die Auslese erfolgreich. Die Effektivität der Auslese – gemessen an signifikanten Unterschieden – nahm in der Reihenfolge Schönhagen > Ellingerode > Rhaderfehnhagen ab, während die *Phytophthora*-Infektionen in der Reihenfolge Ellingerode < Schönhagen < Rhaderfehnhagen zunahm. Eine genaue Interpretation ist nicht möglich, da an jedem Ort in einer anderen Kreuzung selektiert wurde, aber zwei Aspekte dürften eine Rolle spielen: 1) An der Grenze der Ertragsbildung, wie in Rhaderfehnhagen, ist eine optimale Auslese nur eingeschränkt möglich, da die Daten stark von gerade noch überlebenden Pflanzenorganen beeinflusst werden. 2) Feldresistenz und Fruchtgröße sind bei den verwendeten Eltern negativ korreliert. Höhere Feldresistenz führt nur bei entsprechend starkem *Phytophthora*-Befall zu höheren Erträgen. Für die Auslese auf hohe Feldresistenz mit gleichzeitig hohem relativem Ertragsniveau sollte der Befallsdruck stark, aber nicht fatal sein. Insgesamt müssen Sortenempfehlung und -entwicklung auf das jeweilige Niveau der Infektion durch *P. infestans* ausgerichtet sein.

Schlussfolgerungen:

Die Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz bereits in der F_2 war durchgehend erfolgreich, obwohl zwei der Standorte durch Spätfrost geschädigt waren. Mit der Auslese in der F_2 und anschließender Nachkommenschaftsprüfung steht ein brauchbares züchterisches Mittel zur Auslese im ökologischen Praxisbetrieb zur Verfügung.

Die Auswirkung auf Ertragsseigenschaften – auf die in diesem Versuch nicht selektiert wurde – war Orts- bzw. Kreuzungsspezifisch unterschiedlich. Es gibt deutliche Hinweise, dass auf wichtige andere Eigenschaften wie Frühzeitigkeit und Frohwüchsigkeit auch in sehr weiten Kreuzungen (z.B. Wildtomate x Fleischtomate) erfolgreich ausgelesen werden kann. Dazu werden weitere Arbeiten folgen.

Danksagung:

gilt Heiko Becker, Quirin Wember und Reinhard Ehrentraut für die Diskussion und Betreuung der Versuche, sowie dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau für die freundliche Unterstützung!

Literatur:

- FAO (2006): <http://faostat.fao.org/site/336/DesktopDefault.aspx?PageID=336>, (Abruf 14.9.2006).
- Hornburg B. (2006): Tomaten im Freiland: Die Suche nach *Phytophthora*-toleranten Sorten für den ökologischen Anbau. Vortr. Pflanzenzüchtg. 70:99-104.
- Hornburg B., Watschong L. (2005): Wildtomaten – mehr als eine Spielerei? Ludwig Watschong und Bernd Hornburg vom Dreschflügel e.V. sagen: Ja! Saaten & Taten 2006, S. 94-96.
- Lebreton L., Andrivon D. (1998): French isolates of *Phytophthora infestans* from potato and tomato differ in phenotype and genotype. European Journal of Plant Pathology 104:583-594.
- Rullich G., Schöber-Butin B., Niepold F., Habermeyer J. (2002): Alte und neue Populationen von *Phytophthora infestans* in Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 54:152-155.
- Utz, H. F. (1997): Plabstat. Ein Computerprogramm zur statistischen Analyse von pflanzenzüchterischen Experimenten. Version 2N. Institut für Pflanzenzüchtung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim.