

(Aus dem Institut für Obstbau der Technischen Universität Berlin)

Progressive Frostversuche mit keimenden und einjährigen Kernobstsämlingen*

Von ILSE THIELE

Mit 5 Textabbildungen

Resistenzprüfungen mit künstlicher Kälte sind im Obstbau seit jeher eine dringende Forderung, weil die üblichen Freilandbeobachtungen zur Klärung des Problems nicht ausreichen. Gleichzeitig sind aber derartige Versuche mit so ungewöhnlichen Schwierigkeiten räumlicher und technischer Art verbunden, daß die Zahl der bisher in Deutschland durchgeführten Untersuchungen verhältnismäßig klein ist (10, 13, 12, 9, 6, 14, 1; ausländische Literatur siehe bei 3). Auch die am hiesigen Institut im Jahre 1942 begonnenen Versuche hatten ständig unter unzureichenden technischen Einrichtungen zu leiden, da weder damals noch später das entworfene Kältengewächshaus bzw. die transportable Kältehaube erstellt werden konnten (2).

Trotz der Schwierigkeiten haben die hiesigen Versuche erkennen lassen, daß die bisher allgemein übliche Form der Kälteprüfung mit ihrer Beschränkung auf nur ein bestimmtes Altersstadium (Gehölze oder Gehölzteile, meist im Einjahrstadium) keine genügend sicheren Ergebnisse liefert. KEMMER (3) schlug deshalb als neuen Versuchsweg die progressive Kälteprüfung vor. Sie ist durch eine laufend wiederholte Prüfung in verschiedenen Altersstadien gekennzeichnet. Eine Selektion auf Frosthärte soll z. B. durch laufend wiederholte und verschärfte Kältebehandlungen an den jeweils überlebenden Gehölzen betrieben werden, beim einjährigen Sämling beginnend und zum mehrjährigen fortschreitend (progressive Individualprüfung). Progressiv im weiteren Sinne ist ferner eine Prüfung von Sämlingspopulationen in verschiedenen Altersstadien, ohne daß die gleichen Individuen zur Folgeprüfung herangezogen werden (progressive Populationsprüfung). Sie dient in erster Linie einer Sortenbeurteilung für Samenspender- und Züchtungszwecke.

Um den hier nicht überwindbaren technischen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen und trotzdem die progressive Prüfung durchzuführen, haben wir die Möglichkeit erwogen, die Erstprüfung der Gehölze vom Einjahrstadium ins Keimstadium vorzuverlegen. Gleichzeitig konnte dann auch ein fast unbegrenzt großes Ausgangsmaterial herangezogen werden, zumal Tastversuche den Beweis geliefert hatten, daß eine besonders raumsparende Frostung bei freiliegender Keimlingswurzel möglich ist.

Eine Vorverlegung der Erstprüfung ins Keimstadium ist natürlich nur sinnvoll, wenn zwischen Frosthärte des Keimlings und Frosthärte des späteren Gehölzes greifbare Beziehungen bestehen. Dies wiederum kann nur erwartet werden, wenn im Keimstadium eine gene-

tisch begründete Resistenz erfaßt wird und eine nur kurzfristig wirksame, auf Umweltfaktoren beruhende Resistenz ausgeschaltet wird. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb zunächst die Abhängigkeit der Keimlingsresistenz von Umweltbedingungen und genetischen Faktoren zu klären versucht; anschließend werden die Beziehungen zwischen der Frosthärte des Keimlings und der Frosthärte des Sämlings im Einjahrstadium geprüft.

Nach vorausgegangenen Tastversuchen im Jahre 1953 wurden die Keimlingsprüfungen in den Jahren 1954—1956 durchgeführt. Über erste Ergebnisse wurde bereits berichtet (5). Die Folgeprüfungen an einjährigen Sämlingen erfolgten in den Wintern 1954/55 und 1955/56.

I. Resistenzprüfungen an Keimlingen

Material und Versuchstechnik

Insgesamt wurden im Laufe der 3 Untersuchungsjahre 237000 Keimlinge von Apfel- und Birnensorten geprüft. Etwa die Hälfte wurde für Sortennachkommenschaftsprüfungen verwendet, die übrigen dienten für Sonderversuche, die den Einfluß von Umweltfaktoren klären sollten sowie alle im Verlauf der Arbeit noch auftretenden Sonderfragen.

Die zur Nachkommenschaftsprüfung verwendeten Sorten sind in Tab. 1 aufgeführt. Ursprünglich waren noch 27 weitere Sorten in die Prüfung einbezogen, jedoch konnten bei ihnen wegen zu geringer Ausgangszahlen keine genügend sicheren Ergebnisse gewonnen werden, so daß auf ihre Nennung verzichtet wird. Die Arbeit war absichtlich auf einer sehr breiten Basis angesetzt worden, um mit Sicherheit extrem veranlagte Sorten zu erfassen.

Die Früchte wurden jeweils von möglichst viel verschiedenen und räumlich getrennt stehenden Bäumen gesammelt, um pro Sorte eine gute Mischprobe zu erhalten und eine eventuell gegebene Beeinflussung der Kerne durch Alter, Ernährungszustand, Bestäubersorte usw. des Einzelbaumes weitgehend auszugleichen. Beim Entkernen wurden die wichtigsten Daten hinsichtlich Fruchtgröße und Kernausschüttung registriert. Sie sind in Tab. 1 im Mittel der Jahre angeführt. Grundsätzlich wurden nur keimfähig erscheinende Kerne aufgenommen (im Tabellenkopf als „gut“ bezeichnet). Beobachtungen über Jungfernfrüchtigkeit sind gesondert veröffentlicht worden (11).

Es sei kurz auf die geringen Kernausschüttungen bei Cox und Grahams hingewiesen. Grahams brachte je 100 g Fruchtmasse im Durchschnitt nur 3,9 Kerne und hatte damit als die z. Zt. in Deutschland am stärksten ver-

* Auszug aus der Dissertation „Progressive Frostresistenzprüfungen an Kernobstsämlingen“, Berlin 1956.

Tabelle 1. Zur Nachkommenschaftsprüfung im Keimstadium verwendetes Material.

Sorte	Herkunft	Anzahl Früchte insges.	Mittleres Fruchtgewicht	Gute Kerne je Frucht	Gute Kerne je 100 g Fruchtmasse	Mittleres Gewicht guter Kerne
		(Stück)	(g)	(Stück)	(Stück)	(mg)
1. Äpfel						
Berlepsch	Dahlem	1966	118	6,1	5,2	45,3
Bittensfelder	Württemberg	950	84	6,9	8,2	40,2
Borsdorf Kitajka	Dahlem	1037	48	7,2	15,0	44,1
Cox	Dahlem	4565	83	3,0	3,6	42,5
Croncels	Dahlem	1429	124	5,9	4,8	50,5
Goldparmäne	Dahlem	2809	70	6,9	9,9	41,6
Grahams	Altes Land	750	159	6,2	3,9	40,6
Herrnhut	Dahlem	1134	103	6,4	6,2	37,8
James Grieve	Dahlem	1315	70	5,9	8,4	37,0
Joyce	Dahlem	1937	76	7,8	10,3	34,8
Kleiner Langstiel	Württemberg	2032	48	6,2	12,9	38,5
Landsberger	Dahlem	1019	115	9,2	8,0	40,0
Nordhausen	Dahlem	968	110	5,7	5,2	40,5
Northern Spy	Dahlem	260	123	9,2	7,5	37,7
Ontario	Dahlem	1000	165	5,9	3,6	45,3
Roter Trierer	Württemberg	700	50	8,3	16,6	27,9
Slavjanka	Dahlem	761	72	4,7	6,5	42,6
Weißer Wintertaffel	Württemberg	318	79	8,8	11,1	—
Zuccalmaglio	Dahlem	1478	67	5,6	8,4	40,0
Typ I	Dahlem	731	80	6,3	7,9	43,1
„ II	Dahlem	310	48	9,3	19,4	—
„ IX	Dahlem	627	32	6,3	19,7	30,5
„ X	Dahlem	2400	45	12,3	27,3	38,8
„ XI	Dahlem	822	55	5,1	9,3	31,6
2. Birnen						
Gellerts Butterbirne	Dahlem	1273	139	3,6	2,6	36,7
Kirchensaller	Württemberg	754	30	5,1	17,0	37,0
Gräfin v. Paris	Dahlem	1137	92	3,6	3,9	44,7
Tongern	Dahlem	1304	132	5,3	4,0	36,8
Wildling v. Einsiedel	Württemberg	672	25	3,9	15,6	—
Williams Christ	Dahlem	964	134	5,4	4,0	32,1

wendete Samenspendersorte fast die unwirtschaftlichste Ausbeute unter 45 geprüften, diploiden Apfelsorten. Wenn sich die Früchte nach dem Entkernen auch in der Verwertungsindustrie verbrauchen lassen, so wird hier doch deutlich, wie weit man auf der Suche nach der idealen Samenspendersorte heute noch vom Ziel entfernt ist.

Die geringe Kernaussbeute bei Cox war auf einen für diploide Sorten ungewöhnlich hohen Prozentsatz tauber Kerne zurückzuführen. Im Jahre 1953 hatten z. B. 40% aller entkernten Früchte ausschließlich taube Kerne. Ähnliche Verhältnisse fanden auch KEMMER und SCHULZ (4). Da Cox von der triploiden Sorte Ribston Pepping abstammt, könnte die hohe Letalität der Zygoten mit Unregelmäßigkeiten in der Chromosomenzahl zusammenhängen.

Tabelle 2. Kernegehalt der Früchte bei Cox als Vatersorte im Vergleich zu anderen Bestäubersorten.

Kombination	Gute Kerne je Frucht	Anzahl Früchte geprüft
Borsdorf Kitajka × Cox	5,4	363
Borsdorf Kitajka × Herrnhut	6,6	305
Borsdorf Kitajka, frei abgebl.	7,2	1037
Croncels × Cox	4,8	482
Croncels × Nordhausen	5,6	280
Croncels × Herrnhut	6,3	291
Croncels, frei abgebl.	5,9	1429
Ontario × Cox	4,6	698
Ontario, frei abgebl.	5,9	1000

Außer den Nachkommenschaften von frei abgeblühten Sorten wurden auch Kreuzungsnachkommenschaften zur Keimlingsprüfung herangezogen. Bei allen Kreuzungen mit Cox als Muttersorte war die Kernaussbeute wieder besonders schlecht. Auch als Vatersorte bewirkte Cox einen verhältnismäßig geringen Kernegehalt der Früchte (Tab. 2).

Zur Stratifikation wurden 18 cm-Töpfe für je 1000 Kerne verwendet und feingesiebter, lehmfreier Flußsand. Es wurde in zeitlich gestaffelten Sätzen stratifiziert, jeweils von Ende Dezember bis Ende Januar. Die Temperaturen im Stratifikationsraum schwankten von Dezember bis März zwischen 0,5°C und 4°C und stiegen im Laufe des April gewöhnlich bis 6°C, im Mai bis 9°C an. Auf eine einheitlich mäßige Feuchtigkeit in allen Töpfen wurde während der ganzen Stratifikationsdauer sorgfältig geachtet.

Die Samenkeimung erstreckte sich — mit geringen Verschiebungen in den einzelnen Jahren — jeweils von Anfang März bis Ende Mai. Durch die laufende und kontrollierte Entnahme gekeimter Samen konnte Einblick in das Keimverhalten der einzelnen Sorten gewonnen werden. Es sei darüber kurz berichtet, weil für die meisten hier untersuchten Sorten kaum Erfahrungen vorliegen. Hinsichtlich des Keimbegins (= Termin, an dem 10% der strati-

fizierten Kerne gekeimt waren) ließen sich die Sorten in 5 Gruppen einstufen, nämlich:

sehr früh: Gräfin von Paris

früh: Berlepsch, Cox, Goldparmäne, Landsberger Ontario, Zuccalmaglio

mittel: Nordhausen, Typ IX

spät: Croncels, James Grieve, Typ I, Typ XI, Tongern

sehr spät: Herrnhut, Typ X, Gellerts Bttb., Williams Christ.

Aufgeführt sind nur Sorten, bei denen eine mindestens zweijährige übereinstimmende Beobachtung eine sichere Einstufung zuließ. Zwischen dem Keimbeginn der frühesten und der spätesten Sorte lagen bei gleichzeitiger Stratifikation je nach Jahrgang 30 bis 50 Tage.

Bei Kreuzungsnachkommenschaften wurde dem Einfluß der Vatersorte Aufmerksamkeit geschenkt. Es ergab sich, daß der Keimbeginn in erster Linie von der Muttersorte her bestimmt, durch die Vatersorte aber in gewissen Grenzen abgewandelt wird. Bei den folgenden, als Beispiel aufgeführten Kreuzungen sind die Bezeichnungen „früh“ und „spät“ im Sinne von „frühkeimend“ usw. gebraucht:

Cox (früh) × Croncels (spät):

Keimbeginn der F₁ = 1. 3. 1954

Croncels (spät) × Cox (früh):

Keimbeginn der F₁ = 24. 3. 1954

Borsd. Kit. (mittel) × Cox (früh):

Keimbeginn der F₁ = 9. 3. 1955

Borsd. Kit. (mittel) × Herrnhut (sehr spät):

Keimbeginn der F₁ = 16. 3. 1955

Croncels (spät) × Cox (früh):

Keimbeginn der $F_1 = 17. 3. 1955$

Croncels (spät) × Herrnhut (sehr spät):

Keimbeginn der $F_1 = 24. 3. 1955$

Ein Einfluß des Kerngewichtes auf den Keimbeginn war nicht festzustellen. Für diese Beobachtung standen 5 Sorten mit insgesamt 8000 Kernen zur Verfügung, bei denen das Saatgut vor der Stratifikation durch Einzelkernwägungen in die Gewichtsklassen „schwer“ und „leicht“ sortiert worden war (Differenz zwischen dem leichtesten Kern der schweren und dem schwersten Kern der leichten Klasse = 5 mg). Während bei 3 Sorten beide Gewichtsklassen gleichzeitig keimten, hatten bei den anderen Sorten bald die leichten und bald die schweren Kerne den Vorrang.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß der Keimbeginn einer Sorte von Jahr zu Jahr mitunter beachtliche Schwankungen aufwies. Derartige Erscheinungen sind auch sonst bekannt. Hier interessierte besonders die Frage, ob zwischen dem wechselvollen Verhalten einer Sorte bei der Keimung und der in den einzelnen Prüfjahren wechselnden Frosthärte ihrer Keimlinge irgendwelche Zusammenhänge bestehen. Es wurden jedoch keine klaren Beziehungen gefunden. Zwar trafen beide Erscheinungen wiederholt zusammen, doch zeigten andere Fälle, daß ursächliche Zusammenhänge nicht existieren. Bei Grahams blieb z. B. trotz erheblicher Schwankungen des Keimbegins die Frosthärte der Keimlinge in allen 3 Jahren praktisch gleich, umgekehrt wurden bei Gräfin von Paris trotz gleichbleibenden Keimverhaltens nennenswerte Schwankungen in der Frosthärte festgestellt (vgl. Tab. 10).

Jeweils von Anfang März an wurden alle Töpfe mit vermutlich begonnener Samenkeimung durchgesehen, die gekeimten Kerne zur Frostung ausgelesen, die ungekeimten wieder stratifiziert. Die Durchsicht der Töpfe wurde in bestimmten Zeitabständen laufend wiederholt. Gleich beim Aussammeln wurden die Keimlinge auf Grund ihrer Wurzellänge nach Keimstufen sortiert. Im ersten Untersuchungsjahr wurde mit verhältnismäßig breiten Stufen gearbeitet: Keimwurzellänge < 2 mm, 2—10 mm, 10—20 mm. Da sich bei der späteren Frostprüfung erhebliche Resistenzunterschiede von Keimstufe zu Keimstufe zeigten, wurde in den nächsten Jahren die Sortierung verfeinert: Keimwurzellänge < 2 mm, 2—5 mm, 5—10 mm, 10—15 mm (Abb. 1).

Da das Aussammeln, Sortieren und Zählen meistens von morgens bis abends dauerte, wurden die Frostungen grundsätzlich erst am nächsten Tage vorgenommen. Die Keimlinge wurden inzwischen in geschlossenen Petrischalen in einem Kühlschrank bei 3° C aufbewahrt. Auf diese Weise wurde einerseits verhindert, daß sie bis zur Frostung aus ihren Keim-

stufen herauswachsen, andererseits erreicht, daß sämtliche Keimlinge — ob im März unter verhältnismäßig kühlen oder im Mai unter verhältnismäßig warmen Bedingungen gekeimt — unmittelbar vor der Frostung mindestens 12 Stunden lang genau gleichen Temperaturen ausgesetzt waren.

Bei den Frostungen wurden die Keimlinge ohne jegliches Deckschubstrat in offenen Petrischalen der

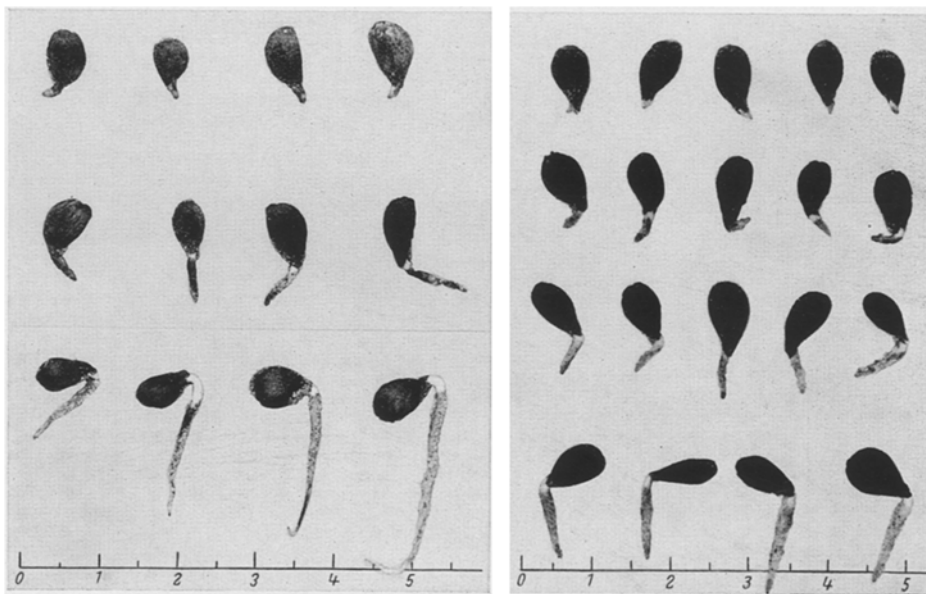


Abb. 1. Keimstufensortierung. Links 1954, rechts 1955 u. 1956.

Kälte ausgesetzt. Als Prüftemperatur wurde im allgemeinen $-4,5^{\circ} \text{C}$ gewählt, die sich im ersten Untersuchungsjahr als besonders geeignet erwiesen hatte. Die Behandlungsdauer betrug im ersten Jahr 3 Stunden. Nachdem besondere Zeitdauerversuche gezeigt hatten, daß auch bei kürzerer Behandlungszeit nicht wesentlich andere Ergebnisse gewonnen werden, wurde sie in den folgenden Jahren auf zwei und schließlich eine Stunde beschränkt.

Das in Abb. 2 gezeigte Ergebnis der Zeitdauerversuche wurde durch Prüfung von jeweils 1800 Keimlingen gleicher Sortenherkunft und gleicher Keimstufenzusammensetzung ermittelt. Der kontinuierlich flacher werdende Kurvenverlauf zeigt, daß der Schädigungseffekt einer bestimmten Zeiteinheit um so geringer wurde, je länger die Frostung andauerte. Die Prozent-

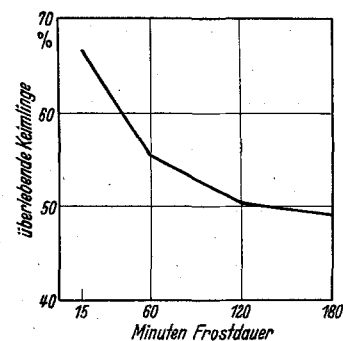


Abb. 2. Prozentsatz überlebender Apfelkeimlinge in Abhängigkeit von der Frostdauer. (Temperaturstufe: $-4,5^{\circ} \text{C}$).

zahlen überlebender Keimlinge liegen hier übrigens sehr hoch, denn die Zeitdauerversuche wurden — wie die meisten Sonderversuche — im Mai durchgeführt, als die Regenerationskraft der Keimlinge am höchsten war. Diese Erscheinung wird auf Seite 166 noch näher besprochen, hier sei nur bemerkt, daß die im Folgenden auftretenden Unstimmigkeiten zwischen den Ausbeuteergebnissen der einzelnen Versuche vorwiegend auf solchen Umständen beruhen, außerdem

auf der Benutzung unterschiedlich resistenter Sorten und Keimstufen.

Für die Frostungen diente im ersten Versuchsjahr ein handelsüblicher, aber von uns verbesserter Tiefkühlschrank der Firma ATE (Frankfurt/Main), in den nächsten Jahren ein nach unseren Angaben von der Firma MÜNCHHOFF (Berlin) gefertigter Schrank, über den bereits berichtet worden ist (3). Nachdem in Vorversuchen feste Regeln für die Handhabung der Schränke ausgearbeitet worden waren, konnten für sämtliche im gleichen Schrank durchgeführten Frostungen sehr einheitliche Temperaturbewegungen erzielt werden. Beispielsweise änderte sich bei den einzelnen Kühlgängen die Minimumtemperatur um höchstens $0,1^{\circ}\text{C}$, die Abkühldauer um höchstens 2 Minuten (= Zeitspanne zwischen dem Einsetzen des

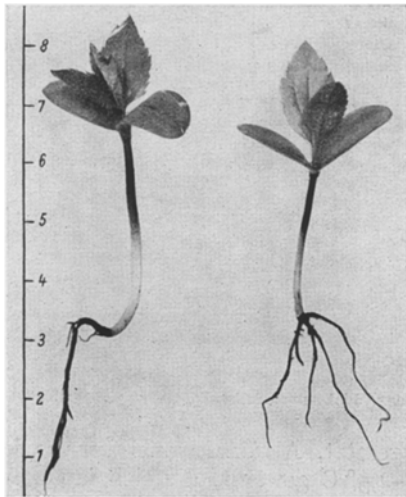


Abb. 3. Zustandsbild eines „vollresistenten“ (links) und eines „teilresistenten“ Apfelsämlings, 3 Wochen nach dem Auflaufen.

Materials und dem Erreichen der Prüftemperatur; im Durchschnitt = 13 Minuten).

Die im Kühlraum herrschenden, an sich geringfügigen Temperaturdifferenzen wirkten sich dagegen sehr nachteilig auf das empfindliche Versuchsmaterial aus. Wir hatten zur Überprüfung spezielle Versuche angesetzt und fanden beispielsweise im Münchhoff-Schrank an der wärmsten Stelle 78% überlebende Keimlinge, an der kältesten Stelle dagegen 55%. Die Temperaturdifferenz zwischen beiden Stellen betrug nicht mehr als $0,4^{\circ}\text{C}$! Um diese Nachteile auszugleichen, haben wir bei unseren Nachkommenschaftsprüfungen den Schrankplatz einer Sorte ständig gewechselt und haben alle Sorten, die im Laufe der 3 Untersuchungsjahre an weniger als 30 Schrankplätzen gestanden hatten, grundsätzlich von der Bewertung ausgeschlossen. Bei Sonderversuchen war dagegen auf Grund der kleineren Zahl von Versuchsgliedern die Möglichkeit gegeben, die Vergleichspartner an absolut gleich kalten Stellen zu prüfen.

Das Auftauen der Keimlinge erfolgte bei 10 bis 12°C , anschließend wurde in kalten Frühbeeten ausgesät und zu jeder Prüfnummer eine ungefrosthete Kontrolle gegeben, die — von der Frostung abgesehen — genau gleich behandelt worden war. Die Schadenserfassung erfolgte stets drei Wochen nach dem Auflaufen der ungefrostheten Kontrollen durch Feststellung der Totalausfälle und Prüfung der Wurzelverhältnisse bei den überlebenden Pflanzen. Dabei wurden Säm-

linge mit und ohne Keimwurzeln gefunden. Letztere dankten ihre Lebensfähigkeit einer Neuwurzelbildung am Hypokotyl; die Keimwurzeln waren zweifellos erfroren. Zwar wurde auch bei ungefrostheten Kontrollen ab und an ein Keimwurzelverlust festgestellt, doch war er bei gefrostheten Keimlingen etwa 10mal so häufig, mußte also vordringlich auf Frostwirkung beruhen.

Die unterschiedlichen Wurzelbilder waren bei gefrostheten Keimlingen somit Ausdruck einer unterschiedlichen Frosthärte. Wir bezeichneten Sämlinge mit funktionsfähig gebliebener Keimwurzel als „vollresistent“, Sämlinge mit erfrorener Keimwurzel als „teilresistent“ (Abb. 3). In Tabellen übernehmen wir der Einfachheit halber diese Bezeichnung auch für ungefrosthete Kontrollen, obgleich es sich bei ihnen natürlich nicht um Pflanzen mit entsprechender Frosthärte handelt, sondern lediglich um Pflanzen mit entsprechendem Wurzelbild.

Es war noch die Frage zu klären, ob sich teilresistente Sämlinge gegenüber gänzlich erfrorenen durch eine geringere Frostschädigung auszeichnen. Als Ursache konnte auch ein unterschiedliches Vermögen der Keimlinge zur Neuwurzelbildung angenommen werden. Zur Klärung haben wir an insgesamt 4500 ungefrostheten Individuen Keimwurzelanschnitte durchgeführt. Der Schnitt wurde von praktisch allen Keimlingen durch Neuwurzelbildung überwunden, gleichgültig ob er innerhalb der Keimwurzel geblieben oder bis ins Hypokotyl hinein erfolgt war, gleichgültig auch, bei welchen Sorten und in welchen Entwicklungsstadien der Keimlinge er durchgeführt worden war. Daraus ist zu schließen, daß ursprünglich allen Keimlingen ein genügend starkes Erneuerungsvermögen eigen ist. Wenn es nach Kälteschäden von den einen genutzt wird (teilresistente Sämlinge), von anderen nicht (gänzlich erfrorene Sämlinge), so muß für beide Gruppen eine unterschiedlich starke Frostschädigung vorgelegen haben. Bei den drei Keimlingsgruppen „gänzlich erfroren“, „teilresistent“, „vollresistent“ handelt es sich also tatsächlich um drei verschiedene Resistenzstufen.

Es sei hier noch kurz über eine Beobachtung berichtet, die auf charakteristische Artunterschiede zwischen Äpfeln und Birnen bezüglich der Neuwurzelbildung hinweist. Nach vorausgegangenem Totalverlust der Keimwurzel durch Schnitt oder Frost bilden Äpfel meist ganze Büschel von Neuwurzeln, Birnen dagegen meist nur zwei (Abb. 4). Erfolgt die Neuwurzelbildung nicht aus dem Hypokotyl, sondern aus dem Keimwurzelstumpf, so bilden auch Birnen verhältnismäßig häufig Büschel, doch bleiben trotzdem die Artunterschiede noch deutlich (Tab. 3).

Wir sind auch der bei Resistenzversuchen immer wieder auftretenden Frage nachgegangen, ob sich einigermaßen sichere Schadensprüfungen nicht sofort nach dem Auftauen auf Grund eingetretener Verfärbungen durchführen lassen. Dabei war jedoch zunächst festzustellen, daß die Schadenszeichen in den einzelnen Sortennachkommenschaften nicht einheitlich waren. Bei den meisten Sorten traten typische Verfärbungen an den Keimwurzeln auf, bei einigen (z. B. Joyce und Herrnhut) waren stattdessen Schrumpfungen gegeben. Wie die weitere Beobachtung der Pflanzen im Saatbeet zeigte, handelte es sich um gleich starke Schädigungen. Eine derartige Abhängigkeit des Schadbildes von Sorteneigentümlichkeiten ist u. W. bisher in der Literatur nicht beschrieben worden.

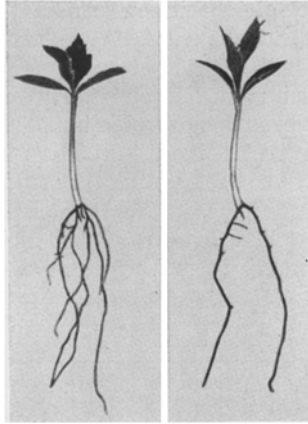


Abb. 4. Neuwurzelbildung aus dem Hypokotyl. Bei Apfelsämlingen meist Wurzelbüschel (links), bei Birnsämlingen meist zwei Einzelwurzeln.

Tabella 3. Über die unterschiedliche Art der Neuwurzelbildung bei Apfel- und Birnenkeimlingen (insgesamt 410 Stück geprüft).

Anzahl Neuwurzeln	Prozentsatz Keimlinge	
	Apfel	Birne
1. Bei Neubildung a. d. Hypokotyl		
1	1,1	13,2
2	6,6	65,1
3	7,7	18,9
Büschel	84,6	2,8
2. Bei Neubildung a. d. Keimwurzelstumpf		
1	0,8	3,9
2	2,5	30,7
3	7,4	26,7
Büschel	89,3	38,7

Frostverfärbte Keimwurzeln waren bei Äpfeln glasig rostrot, bei Birnen schwarz. Die Farbtöne ließen sich deutlich von Verfärbungen unterscheiden, welche einfach durch die Berührung der Wurzeln mit der Luft entstehen und für eine normale Weiterentwicklung bedeutungslos sind (bei Äpfeln langgezogene rotbraune Flecke, bei Birnen flächige Braunfärbungen).

Wir führten in einer Gruppe von 1500 gefrostenen Apfelkeimlingen Sortierungen nach dem Ausmaß der Wurzelverfärbung durch und prüften das weitere Verhalten der Keimlinge im Saatbeet. Sortiert wurde nach „gänzlich verfärbt“, „stellenweise verfärbt“ und „nicht verfärbt“, wobei die Keimlinge der letzten Gruppe auch keinerlei andere Zeichen von Frostschädigung trugen. Wie Tab. 4 zeigt, waren klare Zusammenhänge zwischen Wurzelverfärbung und tatsächlicher Schädigung insofern gegeben, als sich mit

Tabella 4. Ausmaß der Wurzelverfärbung nach abgeschlossenem Tauprozess und Prozentsatz überlebender Keimlinge vier Wochen nach der Aussaat. (Frostung: 1 Std. $-4,5^{\circ}\text{C}$).

Verfärbung; in Klammern Anzahl Keimlinge	Überlebende Keimlinge (%)	
	insgesamt resistent	vollresistent
gänzlich (1048)	1,0	0,0
stellenweise (287)	41,1	9,8
nicht (207)	79,2	44,9
ungefrosete Kontrolle	91,3	87,5

zunehmendem Ausmaß der Verfärbung auch die Zahl insgesamt überlebender und vollresistenter Keimlinge verringerte. Beachtlich ist aber, daß rund 10% der stellenweise verfärbten Individuen vollresistente Keimlinge ergaben, während gleichzeitig von den nicht verfärbten noch ungefähr jeder zweite seine Keimwurzel infolge Frostschadens verlor und sogar Totalausfälle zu verzeichnen waren. Die Farbbonitierung konnte somit wohl allgemeine Anhaltspunkte über eingetretene Schäden vermitteln, dagegen konnte sie über die Schädigung der einzelnen Keimlinge nichts Eindeutiges aussagen.

Ergebnisse

Unter allen Faktoren, die am Zustandekommen der Keimlingsresistenz beteiligt waren, machten sich zunächst zwei in besonders auffälliger Weise bemerkbar,

nämlich Kerngewicht und Entwicklungsstadium der Keimlinge z. Zt. der Frostung.

Die Abhängigkeit der Frostresistenz vom Entwicklungsstadium ist aus Tab. 5 ersichtlich. Die Widerstandsfähigkeit nahm mit fortschreitender Entwicklung stetig ab, besonders große Differenzen waren stets zwischen den Keimstufen <2 mm und $2-5$ mm zu verzeichnen. Bei ungefrostenen Kontrollen war die Ausbeute auf allen Keimstufen praktisch gleich, so daß die unterschiedlichen Ausfälle bei gefrostenen Keimlingen nur auf unterschiedlicher Resistenz beruhen konnten.

Tabella 5. Anzahl überlebender Keimlinge in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium. (Frostung: 2 Std. $-4,5^{\circ}\text{C}$).

Keimwurzellänge (mm)	gefroset Stück	insgesamt resistent	
		%	%
< 2	1290	54,6	43,5
$2-5$	5731	38,9(4)	28,8(4)
$5-10$	5132	37,6(0)	23,8(4)
$10-15$	5311	32,7(4)	15,5(4)
Kontrollen ohne Frost			
< 2	2966	87,7	81,5
$2-5$	5594	86,3(0)	79,3(1)
$5-10$	4157	85,7(0)	78,1(0)
$10-15$	2660	87,8(1)	79,1(0)

Die eingeklammerte Ziffer gibt jeweils die Sicherung der Differenz zwischen dem daneben stehenden und dem darüber stehenden Wert an.

- 0 = nicht gesichert ($p = > 5\%$)
- 1 = schwach gesichert ($p = 5-1\%$)
- 2 = genügend gesichert ($p = 1-0,27\%$)
- 3 = gut gesichert ($p = 0,27-0,1\%$)
- 4 = sehr gut gesichert ($p = < 0,1\%$)

Sicherung der Differenzen auf Grund von Homogenitätsprüfungen zwischen den Vergleichspartnern mit Hilfe der χ^2 -Methode.

Tab. 6 gibt Auskunft über die Abhängigkeit der Resistenz vom Ernährungszustand (= Kerngewicht) der Keimlinge. Wir hatten die Kerne aus einem Sonderposten sortierter Früchte gewonnen und hatten

Tabella 6. Anzahl überlebender Keimlinge in Abhängigkeit vom Kerngewicht. (Frostung 1 Std. $-4,5^{\circ}\text{C}$).

Kerngewicht	gefroset Stück	insgesamt resistent	
		%	%

1. Joyce (Früchte 30—50 g; 8—9 kernig)

schwer (M = 32,0 mg)	395	49,4	33,1
leicht (M = 22,7 mg)	395	15,4(4)	7,1(4)

2. James Grieve (Früchte 60—80 g; 7—8 kernig)

schwer (M = 40,3 mg)	530	20,8	13,0
leicht (M = 33,2 mg)	530	12,1(4)	7,4(4)

3. Typ X (Früchte 25—35 g; 11 kernig)

schwer (M = 42,6 mg)	375	48,5	32,8
leicht (M = 33,3 mg)	375	57,4(1)	38,4(0)

4. Typ XIV (Früchte 15—20 g; 4—5 kernig)

schwer (M = 39,2 mg)	590	43,4	34,2
leicht (M = 30,4 mg)	590	30,7(4)	21,0(4)

5. Typ XVIII (Früchte 40—50 g; 7—8 kernig)

schwer (M = 38,8 mg)	550	64,8	43,4
leicht (M = 31,3 mg)	550	38,3(4)	27,3(4)

Ungefrosete Kontrollen (alle 5 Sorten insges.)

schwer (M = 38,6 mg)	415	94,7	89,9
leicht (M = 30,2 mg)	415	94,9(0)	89,3(0)

Eingeklammerte Ziffern = Sicherung der Differenzen, Näheres Fußnote Tab. 5.

die Kernwägung einzelkornweise durchgeführt. Zur Frostprüfung wurden nur die beiden Gewichtsklassen „leicht“ und „schwer“ herangezogen (Differenz zwischen dem leichtesten Kern der schweren Klasse und dem schwersten Kern der leichten Klasse = 5 mg). Die Überlegenheit der schweren, also gut ernährten Kerne war ganz deutlich ausgeprägt. Bei Typ X folgten zwar die Ausbeuten einer umgekehrten Tendenz, doch waren hier im Gegensatz zu den anderen Sorten die Differenzen nur schwach bzw. nicht gesichert.

Auch in Herkunftsversuchen machte sich die Umweltabhängigkeit der Frostresistenz bemerkbar. Wir hatten diese Versuche mit 2 Sorten und 3 Herkünften durchgeführt (insgesamt 7800 Keimlinge). Bei der einen Sorte (Cox) zeigten sich deutliche Unterschiede: 20% überlebende Keimlinge bei Herkunft Altes Land, je 10% bei Herkunft Württemberg und Dahlem. Bei der anderen Sorte (Berlepsch) war die Herkunft Württemberg nicht auswertbar, Dahlem und Altes Land zeigten mit 28% bzw. 31% praktisch keinen Unterschied. Wenn der Versuch auch keine weiteren Schlüsse erlaubt, so zeigt er doch, daß der Standort (oder Pflegezustand, Alter usw.) der Mutterbäume recht erheblich auf die Resistenz der Keimlinge einwirken kann.

In noch weit stärkerem Maße beeinflußt der Feuchtigkeitsgehalt des Stratifiziersandes die Keimlingsresistenz. Wir hatten versuchsweise Kerne der gleichen Sorte z. T. in extrem trockenem, z. T. in extrem feuchtem Sand keimen lassen und fanden bei den trocken stratifizierten 82% Überlebende, bei den feucht stratifizierten dagegen nur 23%.

Fanden bisher nur solche Faktoren Erwähnung, die vor der Frostung auf die Keimlinge einwirkten und deren Resistenz in einem günstigen oder ungünstigen Sinne abwandeln, so soll im folgenden von Umweltfaktoren die Rede sein, die ihren Einfluß erst bei der Weiterkultur der gefrosteten Keimlinge, also nach beendeter Frostung, ausübten. Nach unseren Beobachtungen spielt die Umwelt zu diesem Zeitpunkt eine ganz wesentliche Rolle, indem sie die Regenerationskraft der Keimlinge in entscheidender Weise beeinflußt. (Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei darauf hingewiesen, daß hier nicht von der KEMMERSCHEN „Überwindungsresistenz“ (3) gesprochen wird. Dort handelt es sich um Sorteneigentümlichkeiten, die unter gleichen Umweltbedingungen eine verschieden gute Überwindung gleich großer Schäden ermöglichen, hier aber um eine unterschiedliche Schadensbehebung auf Grund verschiedener Umweltverhältnisse.)

Wir wurden auf den Einfluß der Umweltbedingungen während der Nachkultur durch die Beobachtung aufmerksam, daß die Zahl überlebender Keimlinge weitgehend vom Termin der Frostung und Aussaat abhängig war; in allen drei Prüffahren wurde die Ausbeute um so größer, je weiter die Jahreszeit bereits fortgeschritten war. Da die Aussaaten stets in wetterabhängigen Frühbeeten vorgenommen worden waren, konnten die mit fortschreitender Jahreszeit höher werdenden Anzuchttemperaturen als Ursache angesehen werden. Positive Beweise dafür lieferten mehrfach

wiederholte Versuche mit gleichzeitigen Aussaatterminen an unterschiedlich warmen Aussaatorten (geheiztes Gewächshaus, Lagerkeller, Frühbeet usw.), sowie der Nachweis, daß spätkeimende Samen von Natur aus keine größere Frosthärte besitzen als frühkeimende. Die geschilderten Ausbeuteverhältnisse in Abhängigkeit vom Aussaattermin (= Anzuchttemperatur) sind in Tab. 7 auszugsweise dargestellt. Besondere Beachtung verdient hierbei die Tatsache, daß sich ungefrosthete Kontrollen gänzlich anders verhielten als

Tabelle 7. Anzahl überlebender Keimlinge in Abhängigkeit von den Wärmeverhältnissen während der Nachkultur.

Prüffahr u. Frostung	Aussaattermin	mittl. Lufttemp. °C	gefrostet (Stück)	inges. resistent (%)	vollresistent (%)
1954 (3 Std. —4,5° C)	1.—15. April	6,7	7 578	17,0	7,4
	16.—30. April	7,1	3 570	31,6(4)	22,0(4)
1955 (2 Std. —4,5° C)	16.—31. März	2,4	19 880	5,7	2,8
	1.—15. April	5,9	11 758	8,4(4)	6,5(4)
1956 (1 Std. —4,5° C)	1.—30. April	6,4	38 600	30,2	16,0
	1.—15. Mai	12,0	4 876	47,7(4)	36,9(4)
1954—1956 (Kontrollen ohne Frost)	16.—31. März	2,0	5 440	91,8	87,2
	1.—30. April	6,8	9 456	89,4(4)	82,6(4)
	1.—15. Mai	13,3	682	82,5(4)	76,6(4)

Eingeklammerte Ziffern = Sicherung der Differenzen. Näheres siehe Fußnote Tab. 5.

gefrostete Prüfnummern, indem sie eine deutliche Wärmeempfindlichkeit an den Tag legten.

Für die Anzahl überlebender Keimlinge war weiterhin bedeutsam, ob zwischen Frostung und Aussaat eine längere oder kürzere Zeitspanne lag. Im allgemeinen verfolgten wir das Prinzip, frühestens eine und spätestens drei Stunden nach beendeter Frostung auszusäen. Im Prüffahr 1955 ließ sich aber dies nicht einhalten, weil oft für einen einzigen Tag so viele Keimlinge angefallen waren, daß bis spät in den Abend hinein gefrostet werden mußte und erst am nächsten Tag ausgesät werden konnte. In solchen Fällen ergaben sich zwischen Frostung und Aussaat Zeitspannen von 15—18 Stunden. Die Keimlinge verblieben solange ohne Deckssubstrat in geschlossenen Petrischalen. Wie Tab. 8 zeigt, war für ungefrosthete Kontrollen die kürzere, für gefrosthete Keimlinge aber die längere Lagerdauer günstiger. Über die Ursachen lassen sich nur Vermutungen anstellen, zumal die größeren Schäden bei kürzerer Lagerzeit nicht darauf beruhen können, daß die Keimlinge noch nicht vollständig aufgetaut und deshalb gegen Bewegungen empfindlich waren; denn der Tauprozeß war auch nach einer Stunde schon vollständig abgeschlossen. Möglich ist

Tabelle 8. Anzahl überlebender Keimlinge in Abhängigkeit von der Zeitspanne zwischen Frostung und Aussaat. (Frostung 2 Std. —4,5° C).

Aussaattermin	Zeitspanne Frostung—Aussaat (Std.)	gefrostet (Stück)	inges. resistent (%)	vollresistent (%)
16.—31. III.	1—3	12 289	4,6	1,9
	15—18	6 577	6,7(4)	4,8(4)
1.—15. IV.	1—3	5 483	4,6	3,2
	15—18	1 771	9,5(4)	8,3(4)
Kontrollen ohne Frost				
1. III.—30. IV.	1—3	4 405	90,6	85,9
	15—18	2 542	87,1(4)	82,2(4)

Eingeklammerte Ziffern = Sicherung der Differenzen. Näheres siehe Fußnote Tab. 5.

aber, daß die ersten Stadien der Schadensüberwindung besser verlaufen, wenn die Keimlinge zunächst trocken gehalten werden und nicht gleich mit der Feuchtigkeit des Saatbeetes in Berührung kommen. Eine nachteilige Wirkung der Feuchtigkeit auf die Regenerationskraft war nämlich auch sonst im Saatbeet zu beobachten.

Die genannten Ergebnisse über die Regenerationskraft in Abhängigkeit von Umweltfaktoren sind insofern von allgemeinem Interesse, als derartige Beobachtungen zumindest in der obstbaulichen Literatur bisher kaum vorliegen. Besondere Beachtung verdient wohl in diesem Zusammenhang die Erkenntnis, daß gefrostete und ungefrosthete Prüfnummern bei der Nachkultur nicht gleichen Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Vielmehr können gleichartige Umweltverhältnisse für die einen fördernd, für die anderen hemmend sein. Daraus folgt, daß das Verhalten ungefrostheter Kontrollen nicht jederzeit und unesehen als Bezugsbasis für gefrosthete Prüfnummern dienen kann, wie bisher wohl allgemein angenommen.

Die starke Abhängigkeit der Ausbeutezahlen von Umweltfaktoren machte den Einblick in die genetisch bedingten Resistenzverhältnisse schwierig. Wir hatten zwar in unseren Sortenversuchen für alle Prüferien einigermaßen gleichmäßige Umweltbedingungen während der Vorkultur schaffen können, nicht aber während der Nachkultur, denn die Aussaaten mußten in witterungsabhängigen Frühbeeten vorgenommen werden und konnten wegen des unterschiedlichen Keimverhaltens der Sorten nicht bei allen Nachkommenschaften gleichzeitig erfolgen. So standen die Keimlinge von frühkeimenden Sorten im allgemeinen unter schlechteren Nachkulturbedingungen als die von spätkeimenden. Ein Vergleich war daher erst auf Umwegen möglich.

Eine Ausnahme bildete das letzte Untersuchungs-jahr. Wir konnten hier die Sortenprüfungen auf den Monat April zusammendrängen (in den anderen Jahren hatten sie sich über 3 bzw. 2 Monate erstreckt) und hatten das Glück, daß den ganzen Monat hindurch sehr gleichmäßig kühles Wetter herrschte. Außerdem wurden in diesem Jahr alle Keimlinge grundsätzlich eine Stunde nach beendeter Frostung ausgesät, so daß die Forderung nach gleichen Nachkulturbedingungen auch in dieser Hinsicht erfüllt war. Für alle unmittelbar vergleichbaren Sorten (mit je 1400 Keimlingen auf allen 4 Keimstufen geprüft) sind die Ausbeuteergebnisse in Tab. 9 aufgeführt. In der letzten Tabellenspalte sind die Werte für „insgesamt resistent“ und „vollresistent“ gemittelt, die teilresistenten Keimlinge also auf Vollresistenz umgerechnet (2 teilresistente = 1 vollresistenter). Die varianzanalytische Auswertung des Versuches ergab gesicherte Differenzen zwischen allen Sorten, deren mittlere Ausbeuten um mehr als 13,9% voneinander abwichen ($p = < 5\%$). Gesicherte Differenzen gegenüber dem Sortenmittel besaßen also:

Borsdorf Kitajka (= beste Nachkommenschaft)
Typ I (= schlechteste Nachkommenschaft)

Gesichert schlechter als Borsdorf Kitajka waren:
Croncels, Goldparmäne, James Grieve, Typ I,
Typ X, Typ XI, Gellerts Bttb., Kirchensaller.

Gesichert besser als Typ I waren:
Berlepsch, Borsdorf Kitajka, Herrnhut, James
Grieve, Joyce, Landsberger, Zuccalmaglio, Typ XI.

Tabelle 9. Ausbeute an resistenten Keimlingen im Prüffjahr 1956 im Mittel von 4 Keimstufen. (Je Sorte und Keimstufe 350 Stck. gefrosth, 1 Std. —4,5° C).

Sorte	inges. resistent %	vollresistent %	Ausbeute % i. M.
Berlepsch	36,6	25,4	31,0
Borsdorf Kitajka	53,7	27,7	40,7
Croncels	24,2	11,3	17,8
Goldparmäne	24,9	14,4	19,7
Herrnhut	43,9	21,1	32,5
James Grieve	29,9	17,7	23,8
Joyce	37,0	22,5	29,8
Landsberger	48,5	26,9	37,7
Zuccalmaglio	50,6	25,4	38,0
Typ I	10,5	6,4	8,5
Typ X	21,3	8,2	14,8
Typ XI	30,7	15,4	23,1
Gellerts Bttb.	15,1	9,1	12,1
Kirchensaller	21,2	16,9	19,1
Sortenmittel	32,0	17,7	24,9

In den anderen Prüffjahren waren wegen ungleicher Nachkulturbedingungen Sortenvergleiche in dieser Weise nicht möglich. Die Sorten konnten aber vergleichbar gemacht werden, wenn die Ausbeutezahlen durch Wertziffern ersetzt wurden, welche das Verhalten der Einzelsorte gegenüber der Gesamtheit aller gleichbehandelten Sorten kennzeichneten. Die Verwendung von Wertziffern in allen Prüffjahren gestattete dann auch Jahrgangvergleiche.

Bei der Wertzifferberechnung wurden zunächst alle Einzelausbeuten einer Sorte (je Aussattermin, Lagerdauer nach dem Frosten, Keimstufe usw.) mit dem jeweils entsprechenden Sortenmittel verglichen und die Abweichungen — je nach Richtung — durch positive oder negative Wertziffern ausgedrückt. Als Maßstab für die Höhe der Wertziffer wurde der Quotient aus Abweichung und mittlerem Fehler des Sortenmittels gewählt. Wir wurden damit am ehesten dem Umstand gerecht, daß gleich große Abweichungen von zwei verschieden großen Mittelwerten nicht gleichwertig sind, sondern um so schwerwiegender, je niedriger der Mittelwert liegt. Die verschiedenen Wertziffern einer Sorte für die einzelnen Aussattermine, Keimstufen usw. wurden schließlich gemittelt und somit die Resistenz einer Sortennachkommenschaft durch eine einzige Wertziffer ausgedrückt. Eine Kontrolle des Verfahrens war mehrmals möglich und brachte die Gewißheit, daß die tatsächlichen Resistenzverhältnisse ausreichend genau wiedergegeben werden.

Die ermittelten Wertziffern pro Sorte und Prüffjahr sind in Tab. 10 zusammengestellt. In der letzten Spalte sind für jede Sorte die Jahresergebnisse zu einem Gesamtergebnis zusammengefaßt, wobei die Wertziffer das gewogene Mittel aus den Einzeljahren darstellt. Dieses Gesamtergebnis kann bei allen Sorten als ausreichend sicher gelten, weil überall Ausgangszahlen von mehr als 1000 Stück zugrunde liegen, was mit einem mindestens 30maligen Platzwechsel der Sorte im Kühlschrank gleichbedeutend ist.

Durch besondere Frosthärte der Keimlinge zeichnen sich Borsdorf Kitajka (+3,0), Kleiner Langstiel (+3,1) und W. Wintertaffel (+3,0) aus, durch besondere Empfindlichkeit Cox (—2,3) und Typ I (—2,4). Beachtenswert ist auch die geringe Keimlingsresistenz von Grahams (—1,8) wegen seiner Rolle als Saatgutpendersorte. Wir wiesen auf diesen Um-

stand bereits in unserer ersten Veröffentlichung hin (5). Inzwischen hat SCHANDER (7) das Ergebnis insofern bestätigt, als er bei Kernfrostungen vor und während der Stratifikationszeit ebenfalls bei Grahams besonders hohe Ausfälle hatte. Da Grahams im landläufigen Sinne als frostharte Sorte gilt, steht also die Resistenz

und Gellerts Bttb. (widerstandsfähig) hinzu, während in den übrigen Fällen eine mehr oder weniger weitgehende Übereinstimmung zwischen Frosthärte der Muttersorte und Keimlingsresistenz vorliegt. Bei Birnen ist eine allgemein hohe Keimlingsempfindlichkeit gegeben, was außer für Gellerts Bttb. auch für die

Tabelle 10. Frosthärte der Sortennachkommenschaften nach Wertziffern (W.Z.) in den Prüfjahren 1954—1956.

Lfd. Nr.	Sorte	1954		1955		1956		1954—1956	
		gefr. Stck.	W. Z.	gefr. Stck.	W. Z.	gefr. Stck.	W. Z.	gefr. Stck.	W. Z.
1. Äpfel									
1	Berlepsch	—	—	—	—	1400	+1,6	1400	+1,6
2	Bittenfelder	620	+1,5	1570	—0,2	1090	+0,2	3280	+0,3
3	Borsd. Kitajka	690	+1,7	1930	+4,2	1400	+2,4	4020	+3,0
4	Cox	320	—2,3	1700	—1,3	1315	—3,6	3335	—2,3
5	Croncels	530	—1,1	635	—1,8	1400	—1,0	2565	—1,2
6	Goldparmäne	720	—1,8	1660	+0,7	1400	—1,1	3780	—0,4
7	Grahams	595	—1,7	1320	—1,5	1325	—2,2	3240	—1,8
8	Herrnhut	700	+3,5	1265	+1,7	1400	+1,4	3365	+1,9
9	James Grieve	600	+0,4	—	—	1400	+0,3	2000	+0,3
10	Joyce	920	+2,2	970	—1,1	1400	+0,6	3290	+0,5
11	Kleiner Langst.	610	+2,2	—	—	1300	+3,5	1910	+3,1
12	Landsberger	890	+1,6	1730	+0,2	1400	+2,4	4020	+1,3
13	Nordhausen	450	—1,5	1150	+0,5	1050	—0,8	2650	—0,3
14	Northern Spy	200	—2,7	465	—0,6	600	—2,1	1265	—1,6
15	Ontario	955	—0,4	1485	+2,0	1050	+1,8	3490	+1,3
16	Roter Trierer	—	—	1610	—0,6	1370	+1,2	2980	+0,2
17	Slavjanka	550	+2,5	1320	—1,0	600	—0,5	2470	—0,1
18	W. Wintertaffel	110	+0,7	1670	+3,2	—	—	1780	+3,0
19	Zuccalmaglio	710	+0,2	1785	+0,7	1400	+2,3	3895	+1,2
20	Typ I	650	—2,3	1235	—2,0	1400	—2,9	3285	—2,4
21	Typ II	605	—0,9	1720	—0,2	—	—	2325	—0,4
22	Typ IX	150	—1,9	1680	+1,3	900	+1,0	2730	+1,0
23	Typ X	300	+0,7	920	—1,3	1400	—1,9	2620	—1,4
24	Typ XI	620	—2,0	1430	+0,8	1400	—0,4	3450	—0,2
2. Birnen									
25	Gellerts Bttb.	100	—2,4	815	—2,4	1400	—2,1	2315	—2,2
26	Kirchensaller	245	+2,3	1245	—1,7	1400	—0,6	2891	—0,8
27	Gräfin v. Paris	—	—	1380	+2,6	905	—1,1	2285	+1,1
28	Tongern	150	—2,9	830	—1,9	920	—0,1	1900	—1,1
29	Wildl. v. Einsied.	420	+0,8	1250	—1,2	—	—	1670	—0,7
30	Williams Christ	—	—	880	—1,6	1275	—0,9	2155	—1,2

der Nachkommenschaft während der jüngsten Entwicklungsstadien in auffälligem Widerspruch zum Verhalten der Muttersorte. SCHANDER gibt dies auch für die Sorten Croncels (widerstandsfähig) und Ontario (empfindlich) an, was ebenfalls unseren Befunden entspricht. Es kommen bei uns noch die Sorten Zuccalmaglio (empfindlich), Northern Spy (widerstandsfähig)

Tabelle 11. Frosthärte einiger Sortennachkommenschaften in den Prüfjahren 1955 und 1956 nach Wertziffern. (Nur Sorten mit mehr als 1000 Keimlingen pro Jahr.)

Sorte	Keimlingsresistenz		Diff. W. Z. 1955/56
	1955	1956	
Bittenfelder	mittelm. (—0,2)	mittelm. (+0,2)	0,4
Borsd. Kit.	sehr gut (+4,2)	gut (+2,4)	1,8
Cox	schlecht (—1,3)	sehrschl. (—3,6)	2,3
Goldparmäne	mittelm. (+0,7)	schlecht (—1,1)	1,8
Grahams	schlecht (—1,5)	schlecht (—2,2)	0,7
Herrnhut	gut (+1,7)	gut (+1,4)	0,3
Landsberger	mittelm. (+0,2)	gut (+2,4)	2,2
Nordhausen	mittelm. (+0,5)	mittelm. (—0,8)	1,3
Ontario	gut (+2,0)	gut (+1,8)	0,2
Roter Trierer	mittelm. (—0,6)	gut (+1,2)	1,8
Zuccalmaglio	mittelm. (+0,7)	gut (+2,3)	1,6
Typ I	schlecht (—2,0)	schlecht (—2,9)	0,9
Typ XI	mittelm. (+0,8)	mittelm. (—0,4)	1,2
Gellerts Bttb.	schlecht (—2,4)	schlecht (—2,1)	0,3
Kirchensaller	schlecht (—1,7)	mittelm. (—0,6)	1,1

frostharten Mostsorten Kirchensaller und Wildling v. Einsiedel beachtlich ist.

Bei Jahresvergleichen ist zu beachten, daß in den Einzeljahren die Ausgangszahlen häufig zu klein waren, um genügend sichere Ergebnisse zu liefern. Sie sind im Grunde nur dort sinnvoll, wo mindestens 1000 Keimlinge pro Jahr geprüft wurden. Diese Fälle sind in Tab. 11 noch einmal zusammengestellt. Der besseren Anschaulichkeit wegen wurden Wertklassen gebildet mit einer Klassenbreite von 1,9 Wertziffern.¹ Im allgemeinen ist eine befriedigende Übereinstimmung zwischen beiden Jahren gegeben. Die Resistenz wechselt zwar mehrmals in eine benachbarte Wertklasse über, aber nur in zwei Fällen wird dabei mehr als die volle Klassenbreite überschritten, nämlich bei Cox und Landsberger (Differenz der Wertziffern = > 1,9). Wirklich markante Jahrgangsschwankungen waren dagegen bei Joyce und Gräfin v. Paris zu verzeichnen, die wegen zu kleiner Ausgangszahlen hier nicht aufgeführt sind. Die Ausgangszahlen lagen aber so dicht unter der gewählten 1000-Stück-Grenze, daß die Schwankungen

¹ W. Z. +4,9 bis +3,0 (Resistenz = sehr gut)
 W. Z. +2,9 bis +1,0 (Resistenz = gut)
 W. Z. +0,9 bis —0,9 (Resistenz = mittelmäßig)
 W. Z. —1,0 bis —2,9 (Resistenz = schlecht)
 W. Z. —3,0 bis —4,9 (Resistenz = sehr schlecht).

nicht auf Zufall beruhen konnten. Joyce war 1954 „gut“ (+2,2), 1955 „schlecht“ (-1,1); Gräfin v. Paris war 1955 „gut“ (+2,6), 1956 „schlecht“ (-1,1). Derartige Jahrgangsschwankungen beruhen vermutlich auf unterschiedlichen Vorkulturbedingungen, genau so wie Herkunftsschwankungen auch, doch bieten unsere Beobachtungen keinen Anhaltspunkt für nähere Einzelheiten.

Wir vermuteten natürlich auch einen Einfluß der Bestäubersorte auf die Resistenz der Keimlinge. Deshalb wurden Kombinationen hergestellt und als Kreuzungspartner nach Möglichkeit Sorten verwendet, deren Keimlinge sich als besonders hart bzw. empfindlich erwiesen hatten. Die zur Kreuzung benutzten Sorten werden im folgenden kurz als „gut“ bzw. „schlecht“ bezeichnet, wobei sich dieses Urteil nicht auf die Frosthärte der Sorte selbst bezieht, sondern auf die Frosthärte der Keimlingsnachkommenschaft bei freier Abblüte der Sorte.

Tabelle 12. *Frosthärte der Kreuzungsnachkommenschaften (Prüfjahre 1954—56; Ausgangszahlen überall größer als 1000 Stck.)*

Lfd. Nr.	Kombination (in Klammern: Wertziffern der Keimlinge bei freier Abblüte)	F ₁ W. Z.
1	Borsd. Kitajka (+3,0) × Cox (-2,3)	+2,9
2	„ „ (+3,0) × Herrnhut (+1,9)	+1,2
3	Cox (-2,3) × Borsd. Kitajka (+3,0)	-2,3
4	„ (-2,3) × Croncels (-1,2)	-1,0
5	„ (-2,3) × Typ II (-0,4)	-1,2
6	Croncels (-1,2) × Cox (-2,3)	-1,0
7	„ (-1,2) × Herrnhut (+1,9)	-2,0
8	„ (-1,2) × Nordhausen (-0,3)	-1,5
9	Herrnhut (+1,9) × Croncels (-1,2)	+0,3
10	Ontario (+1,3) × Cox (-2,3)	+1,3
11	Slavjanka (-0,1) × Borsd. Kitajka (+3,0)	-1,1

Wie Tab. 12 zeigt, ist ein Einfluß der Bestäubersorte auf die Resistenz der Keimlinge nicht nachzuweisen, jedenfalls nicht in der erwarteten Richtung. Die Kreuzungsnachkommenschaften verhalten sich im Prinzip immer wie die Nachkommenschaft der frei abgeblühten Muttersorte (alle Wertzifferdifferenzen = < 1,9), gleichgültig, ob gute oder schlechte Väter eingekreuzt worden waren. Eine gewisse Resistenzminderung durch einen schlechten Vater ist nur bei Nr. 9 gegeben. Einen wirklich entscheidenden Einfluß übt dagegen die Muttersorte aus, was besonders beim Vergleich der reziproken Kreuzungen Nr. 1 und 3 deutlich wird.

Abschließend ist festzustellen, daß sich eine Abhängigkeit der Keimlingsresistenz von genetischen Faktoren deutlich bemerkbar machte, denn es wurden zwischen verschiedenen Sortennachkommenschaften statistisch gesicherte Unterschiede gefunden und — von Ausnahmen abgesehen — ein gleichsinniges Verhalten der Sorten in den einzelnen Prüffahren festgestellt. Es bestanden deshalb auch Hoffnungen auf einen Fortbestand der Keimlingsresistenz in späteren Altersstadien. Hierüber konnten freilich erst die Folgeprüfungen Aufschluß geben.

II. Folgeprüfungen an einjährigen Sämlingen

Versuchstechnik

Die Sämlinge wurden über Sommer unter einheitlichen Kulturbedingungen angebaut, Ende Oktober gerodet, nach Wurzelhalbstärken sortiert und auf 15 cm Triebblänge gekürzt. Bis zum Versuchsbeginn verblieben sie in einem frostfrei, aber kühl gehaltenen Raum im Einschlag. Die Frostungen erfolgten Ende Januar/Anfang Februar im MÜNCHHOFF-Schrank bei freiliegender Wurzel. Um alle Versuchsserien in physiologisch einheitlichem Zustand der Gehölze prüfen zu können, also innerhalb eines möglichst kurzen Zeitraumes, wurde eine kurze Behandlungsdauer gewählt, nämlich grundsätzlich 15 Minuten lang Frostung auf der Prüftemperatur, zuzüglich 20 bis 25 Minuten Abkühldauer. Die Prüftemperaturen lagen je nach Wurzelhalbstärke der Sämlinge zwischen -6°C und -12°C. Bei manchen Serien wurde eine Vorkühlung eingeschaltet. Die Gehölze wurden dabei in einer Kühltruhe langsam auf -3°C abgekühlt und 18 Stunden lang bei dieser Temperatur gehalten. Anschließend wurden sie zur Hauptkühlung in den MÜNCHHOFF-Schrank umgesetzt. Das Auftauen erfolgte grundsätzlich bei +10°C.

Im Frühjahr wurden die Gehölze im Freiland aufgeschult. Die Schadenserfassung erfolgte gegen Ende der Vegetationsperiode durch Feststellung der Totalausfälle sowie Erfassung der Triebleistung und Prüfung des Wurzelbildes bei den überlebenden Gehölzen (Bonitierung der Altwurzelschädigung und der Neuwurzelbildung). Im folgenden geben wir als Maßstab für die Resistenz einer Sämlingsgruppe den Prozentsatz überlebender Gehölze an, wobei schwer geschädigte Individuen mit nur rosettenartigem Austrieb zur Hälfte als überlebend, zur Hälfte als tot gerechnet worden sind. Es handelt sich ausschließlich um die Ergebnisse des 2. Versuchsjahres (Winter 1955/56), da im ersten Jahr wegen mangelnder Erfahrung zu niedrige Frosttemperaturen verwendet worden waren, so daß nur ganz vereinzelt Gehölze die Kälte überstanden und eine differenzierte Auswertung der Versuche nicht lohnend war. Grundsätzlich zeigten aber die Ergebnisse des 1. Versuchsjahres die gleichen Tendenzen.

Ergebnisse

Ehe die Beziehungen zwischen der Frosthärte von Keimlingen und einjährigen Sämlingen untersucht werden, soll kurz über die Ergebnisse allgemeiner Art berichtet werden. Wir fanden:

1. Abnahme der Schäden mit zunehmender Wurzelhalbstärke (Tab. 13).
2. Resistenzfördernde Wirkung der Vorkühlung. Wir fanden i. M. der vergleichbaren Froststufen bei

Tabelle 13. *Prozentsatz überlebender Sämlinge in Abhängigkeit von der Wurzelhalbstärke.*

Frostbehandlung (ohne Vorkühlung)	Wurzelhalbstärke (mm)	Apfelsämlinge		Birnsämlinge	
		gef. (Stck.)	Überl. (%)	gef. (Stck.)	Überl. (%)
-7°C	4,0—4,9	100	43,0	—	—
	6,0—6,9	100	78,0	—	—
-8°C	4,0—4,9	400	13,6	100	29,0
	6,0—6,9	400	47,2	200	44,0
-10°C	5,0—5,9	200	14,5	100	17,0
	7,0—7,9	200	19,5	100	24,0
	9,0—9,9	200	53,0	50	66,0

Äpfeln mit Vorkühlung 34%, bei Äpfeln ohne Vorkühlung 23% überlebende Sämlinge, bei Birnen 41% bzw. 27%.

3. Die Resistenz von Apfel- und Birnensämlingen war etwa gleich groß, Birnen waren eher härter als Äpfel. Im Durchschnitt der verwendeten Tafelsorten fanden wir sowohl bei Äpfeln wie bei Birnen i. M. der Frostbehandlungen 33% überlebende Sämlinge, im Durchschnitt aller verwendeten Mostsorten dagegen bei Birnen 52% und bei Äpfeln 41%.

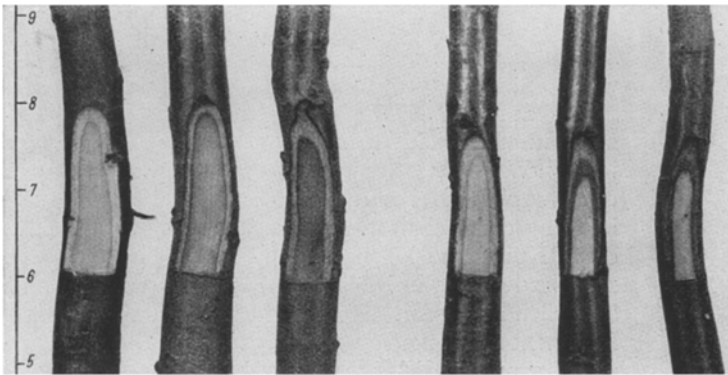


Abb. 5. Wurzelhalsanschnitte bei einjährigen Sämlingen, vier Wochen nach der Frostbehandlung (15 Minuten -10°C). Links Äpfel, rechts Birnen, jeweils nicht, schwach, stark verfärbt.

4. Eine Schadensprüfung auf Grund von Wurzelhalsanschnitten — vier Wochen nach der Frostung durchgeführt — gab keinen zuverlässigen Einblick in die Resistenzverhältnisse. Unter den „nicht“ verfärbten Sämlingen waren später nennenswerte Totalausfälle zu verzeichnen, während sogar „stark“ verfärbte Sämlinge mitunter am Leben blieben (Abb. 5).

Tabelle 14. Frosthärte einjähriger Sämlinge, die bei der Keimlingsfrostung vollresistent waren (I) im Vergleich zu normalen Sämlingen ohne vorherige Keimlingsfrostung (II).

Wurzelhalsstärke mm	Frostung		I		II	
	Vorkühlg.	Prüftemp.	Gefr. Steck.	Überl. %	Gefr. Steck.	Überl. %
1. Apfelsämlinge						
4,0—4,9	mit	-6°C	100	74	100	85
4,0—4,9	„	-8°C	100	32	100	24
5,0—5,9	ohne	-8°C	100	27	100	32
5,0—5,9	„	-10°C	100	20	100	9
6,0—6,9	mit	-8°C	100	76	100	79
6,0—6,9	„	-10°C	100	25	100	23
6,0—6,9	„	-12°C	100	0	100	2
6,0—6,9	ohne	-8°C	100	54	100	64
6,0—6,9	„	-10°C	100	6	100	8
6,0—6,9	„	-12°C	100	3	100	1
7,0—7,9	„	-8°C	100	80	100	78
7,0—7,9	„	-10°C	100	21	100	18
7,0—7,9	„	-12°C	100	6	100	10
8,0—8,9	„	-10°C	100	47	100	34
9,0—9,9	„	-10°C	100	59	100	47
	im Mittel:			35,3		34,3
2. Birnsämlinge						
4,0—4,9	mit	-6°C	50	56	50	88
4,0—4,9	„	-8°C	50	30	50	44
5,0—5,9	ohne	-8°C	50	28	50	50
5,0—5,9	„	-10°C	50	24	50	10
6,0—6,9	„	-10°C	50	24	50	40
6,0—6,9	„	-12°C	50	0	50	8
7,0—7,9	„	-10°C	50	16	50	32
	im Mittel:			25,4		38,9

Die Frage, ob eine im Keimstadium festgestellte Frosthärte auch beim einjährigen Gehölz noch gegeben ist, versuchten wir auf verschiedene Weise zu klären. Der direkte Weg war die progressive Individualprüfung, wobei die überlebenden Gehölze aus den Keimfrostversuchen zum zweiten Mal gefrostet wurden und ihre Resistenz mit der Frosthärte normaler, also im Keimstadium nicht gefrosteter Sämlinge verglichen wurde. Für letztere mußte — da bei ihnen noch keine Auslese auf Frosthärte stattgefunden hatte — eine größere Empfindlichkeit erwartet werden.

Das Ergebnis ist aus Tab. 14 ersichtlich. Bei I handelt es sich um „Keimfrostsämlinge“, bei II um „Vergleichssämlinge“. Beide Sämlingsgruppen setzen sich aus den verschiedensten Sortenherkünften zusammen. Wie die Zahlen zeigen, ist eine Überlegenheit der Keimfrostsämlinge nicht gegeben. Die mittleren Prozentzahlen überlebender Gehölze sind bei den Vergleichssämlingen entweder praktisch genau so groß oder gar noch größer. Eine ähnliche Tendenz war auch im ersten Prüffjahr gefunden worden. Damals fiel zwar fast alles der Kälte zum Opfer, doch gehörten die wenigen Überlebenden durchweg zur Gruppe der Vergleichssämlinge.

So eindeutig die Ergebnisse erscheinen mögen, ein schlüssiger Beweis für mangelnde Zusammenhänge zwischen der Resistenz im Keimstadium und im Einjahrstadium sind sie nicht. Vielmehr besteht die Möglichkeit, daß sich die Keimfrostsämlinge noch von der Keimfrostung her in einem gewissen Erschöpfungszustand befanden, der sich zwar äußerlich nicht zu erkennen gab, wohl aber als es darum ging, einen neuerlichen Kälteschock zu überwinden. Wir beobachteten derartige Verhältnisse nämlich bei Frostversuchen mit älteren Gehölzen. Zweijährige Sämlinge, die bereits einjährig gefrostet worden waren und sich da als besonders widerstandsfähig erwiesen hatten, waren bei der Folgefrostung im allgemeinen empfindlicher als gleichaltrige Sämlinge mit erstmaliger Prüfung.

Abgesehen davon fanden wir bei Keimfrostsämlingen, die im Keimstadium unter besonders ungünstigen Verhältnissen am Leben geblieben waren (hohe Keimstufe, schlechte Nachkulturbedingungen, im Sortenmittel höchstens 8% Überlebende), tatsächlich eine Resistenz, die der Frosthärte von Vergleichssämlingen überlegen war. Wir hatten das aus so scharfer Auslese stammende Material (insgesamt 750 Sämlinge) getrennt gehalten und fanden bei Frostung im Einjahrstadium im Mittel 40,0% Überlebende gegenüber 34,3% bei Vergleichssämlingen. Wenn die Differenz zwischen den Ausbeuten auch gering war, so lag sie immerhin jenseits der Zufallsschwankung (varianzanalytische Auswertung; $p = 3,1\%$).

Außer progressiven Individualprüfungen wurden im Einjahrstadium auch Populationsprüfungen durchgeführt, parallel zu den im Keimstadium gelaufenen. Wir arbeiteten dabei grundsätzlich mit Gehölzen ohne vorherige Keimlingsfrostung. Wo genügend Material vorhanden war, wurde die Nachkommenschaft je Einzelsorte geprüft, das Ergebnis ist aus Tab. 15 ersichtlich. In der Sortenspalte ist gleichzeitig die Keimlings-

Tabelle 15. Frosthärte einjähriger Sämlinge nach Sortenherkünften im Vergleich zur Keimlingsresistenz. (Je Position 50 Sämlinge gefrostet, insgesamt 1800.)

Sorte u. Wertziffer der Keimlinge	Überlebende Sämlinge in %					
	a	b	c	d	e	i. M.
1. Äpfel						
Kl. Langstiel +3,1	46	10	58	20	36	34,0
Borsd. Kitajka +3,0	52	20	64	10	26	34,4
W. Wintertaffet +3,0	74	10	84	6	64	47,6
Goldparmäne —0,4	64	8	50	8	54	36,8
Grahams —1,8	74	14	66	8	42	40,8
Cox —2,3	58	2	44	8	30	28,4
2. Birnen						
Gr. v. Paris +1,1	—	16	—	26	58	33,3
Wildling v. Einsiedel —0,7	—	42	—	48	66	52,0

a = — 6° C ohne Vorkühlung, Wurzelhalstärke 4,0—4,9 mm
 b = — 8° C ohne Vorkühlung, Wurzelhalstärke 4,0—4,9 mm
 c = — 8° C mit Vorkühlung, Wurzelhalstärke 5,0—5,9 mm
 d = —10° C mit Vorkühlung, Wurzelhalstärke 5,0—5,9 mm
 e = — 8° C ohne Vorkühlung, Wurzelhalstärke 6,0—6,9 mm.

resistenz der Sorte genannt, in der letzten Spalte die mittlere Prozentzahl überlebender Sämlinge. Nach varianzanalytischer Auswertung sind die Differenzen zwischen den mittleren Ausbeuten bei Äpfeln gesichert, wenn sie größer als 13,0 sind ($p = < 5\%$). Gesichert schlechter als bei W. Wintertaffet (höchste Ausbeute) ist also die Ausbeute bei Kl. Langstiel, Borsdorf Kitajka und Cox. Gesichert besser als bei Cox (geringste Ausbeute) ist nur die Ausbeute bei W. Wintertaffet. Die Differenz zwischen den beiden Birnensorten ließ sich wegen der zu kleinen Anzahl Wiederholungen nicht sichern, doch ist die Überlegenheit von Wildling v. Einsiedel gegenüber Gräfin v. Paris unverkennbar. Die Übereinstimmung zwischen der Resistenz im Keimstadium und der Frosthärte im Einjahrstadium ist auch hier im Ganzen unbefriedigend. Kleiner Langstiel und Borsdorf Kitajka haben bedeutend weniger frostfeste Sämlinge als ihrer Keimlingsresistenz entspricht, Grahams und Wildling v. Einsiedel bedeutend mehr. Übereinstimmende Reaktionen liegen dagegen bei Cox und W. Wintertaffet vor, denn Cox-Sämlinge waren nicht nur im Keimstadium sondern auch im Einjahrstadium wesentlich empfindlicher als Sämlinge von W. Wintertaffet.

Wo das Material für eine Einzelsortenprüfung nicht ausreichte, haben wir die Sämlinge zu zwei Sortengruppen zusammengefaßt, wobei Sorten mit guter Keimlingsresistenz die eine Gruppe, Sorten mit schlechter Keimlingsresistenz die andere Gruppe bildeten. Im Mittel aller Frostbehandlungen fanden wir bei der „guten“ Sortengruppe 35,2% überlebende Sämlinge, bei der „schlechten“ 33,3% (Ausgangszahl jeweils 750 Stck.).

Die Frage, ob zwischen der Frosthärte der Keimlinge und der Resistenz der älteren Gehölze Zusammenhänge bestehen, die sich für züchterische Zwecke praktisch nutzen lassen, muß nach den vorliegenden Befunden vorläufig noch verneint werden. Hier gaben weder im Keimstadium durchgeführte Populationsprüfungen genügend zuverlässige Auskunft über den Zuchtwert einer Sorte, noch wurden durch Selektion im Keimstadium Sämlingsbestände gewonnen, die sich auch später durch besondere Frosthärte auszeichneten. Gewisse Ansätze in dieser Richtung waren allerdings gegeben, wenn im Keimstadium extrem scharfe Auslesen stattgefunden hatten.

Ob eine Weiterarbeit auf diesem Gebiet zum gewünschten Ziele führen wird, muß dahingestellt bleiben, weil die physiologischen Ursachen der Resistenz in beiden Altersstadien noch durchaus ungeklärt sind. In diesem Zusammenhang gibt vor allem die Tatsache zu denken, daß nach unseren Befunden die Resistenz einer Keimlingspopulation ausschließlich von der Muttersorte her geprägt wird, während die Frosthärte älterer Sämlinge nach Angaben von SCHMIDT (8) nicht nur von mütterlichen sondern auch von väterlichen Erbanlagen abhängig ist. Es liegt deshalb der Verdacht nahe, daß die Resistenz im Keimstadium vorwiegend durch mütterliche Nachwirkungen irgendwelcher Art bestimmt wird, und daß sich die eigene Frosthärte der neuen Generation erst in späteren Altersstadien genügend scharf ausprägt.

Andererseits ist zu bedenken, daß unsere Einsicht in die Resistenzverhältnisse bei Keimlingen vielleicht noch zu sehr von störenden Umweltwirkungen bisher unbekannter Art beeinträchtigt wird. Die gefundenen Ansätze einer übereinstimmenden Tendenz bezüglich der Frosthärte beider Altersstadien lassen jedenfalls eine Weiterarbeit nicht sinnlos erscheinen, zumal sich für die Obstzüchtung außerordentliche Vergünstigungen ergeben würden, wenn praktisch nutzbare Zusammenhänge zwischen der Resistenz des Keimlings und der Frosthärte des späteren Gehölzes gefunden werden könnten.

Zusammenfassung

Die am Institut für Obstbau der Technischen Universität Berlin durchgeführten Frostprüfungen zeigten folgende Ergebnisse:

1. Für Keimlinge

Zwischen den einzelnen Individuen traten deutliche Unterschiede in der Frosthärte auf. Unter sonst gleichen Bedingungen war für viele Keimlinge schon die Temperatur von $-2,5^{\circ}\text{C}$ tödlich, während manche noch bei $-5,5^{\circ}\text{C}$ am Leben blieben. Als zweckmäßige Prüftemperatur wurde $-4,5^{\circ}\text{C}$ ermittelt.

Die überlebenden Keimlinge ließen sich in 2 Härtegrade einstufen. Wir bezeichneten Individuen mit funktionsfähig gebliebener Keimwurzel als „vollresistent“, Individuen mit erfrorener Keimwurzel und Adventivwurzelbildung als „teilresistent“.

Schadensbonitierungen, die bereits unmittelbar nach dem Auftauen auf Grund von Keimwurzelverfärbungen durchgeführt worden waren, stimmten mit den endgültigen Ergebnissen nur in großen Zügen, nicht aber in Einzelheiten überein.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte nahm mit fortschreitendem Entwicklungsstadium kontinuierlich ab.

Die Resistenz war in starkem Maße von Außenbedingungen abhängig wie z. B. Ernährung (Kerngewicht) und Feuchtigkeit des Stratifiziersandes.

Die Fähigkeit zur Überwindung erlittener Frostschäden wurde durch die Umweltbedingungen während der Nachkultur (insb. Wärme) wesentlich beeinflusst.

Es bestanden keine Zusammenhänge zwischen Keimungstermin der Samen und Frosthärte der Keimlinge.

Zwischen den Nachkommenschaften der einzelnen Sorten waren greifbare Resistenzunterschiede zu verzeichnen. In einigen Fällen stand die Resistenz der

Keimlinge in ausgesprochenem Widerspruch zur landläufigen Frosthärte der Muttersorte.

Kreuzungsnachkommenschaften verhielten sich im Prinzip stets wie die Nachkommen der gleichen Muttersorte bei freier Abblüte. Selbst wenn sehr unterschiedlich veranlagte Bestäubersorten eingekreuzt wurden, waren Resistenzänderungen in Richtung der väterlichen Eigenschaft nicht erkennbar.

Birnenkeimlinge waren im Ganzen gesehen empfindlicher als Apfelkeimlinge.

2. Im Zusammenhang mit den Keimlingsversuchen wurde weiterhin gefunden

Die Sorte Cox hatte einen für diploide Sorten ungewöhnlich hohen Prozentsatz tauber Kerne. Auch bei Benutzung von Cox als Bestäubersorte wurden in Kreuzungsfrüchten verhältnismäßig wenig gute Kerne gefunden.

Der Keimungstermin der Samen wurde von der Muttersorte stärker beeinflusst als von der Vatersorte.

Das bei Kontrollversuchen durchgeführte Abschneiden der Keimwurzeln wurde sowohl von Apfel- wie von Birnenkeimlingen ohne nennenswerte Störung überwunden. In der Art der Neuwurzelbildung zeigten Apfel und Birnen charakteristische Unterschiede.

3. Für einjährige Sämlinge

Die Zahl überlebender Sämlinge stieg bei sonst gleichen Voraussetzungen mit zunehmender Wurzelhalsstärke.

Die Einschaltung einer Vorkühlung (18 Std. — 3° C) wirkte resistenzfördernd.

Schadensprüfungen auf Grund von Wurzelhalsanschnitten gaben keine zuverlässigen Resultate.

Im Durchschnitt der Tafelsorten war die Frosthärte von Apfel- und Birnensämlingen gleich groß, im Durchschnitt der Mostsorten waren Birnensämlinge härter.

Die Prüfung der Sortennachkommenschaften im Einjahrstadium brachte im allgemeinen andere Ergebnisse als die Prüfung im Keimstadium. Bei Cox und W. Wintertaffel lagen aber gesicherte Übereinstimmungen vor.

Die Frosthärte von Sämlingen, die bereits im Keimstadium einer Frostselektion ausgesetzt worden waren, war im allgemeinen nicht größer als bei Sämlingen

ohne vorherige Keimlingsfrostung. Nur bei besonders strenger Auslese im Keimstadium war eine zwar geringe, aber immerhin gesicherte Überlegenheit gegenüber den Kontrollen erkennbar.

Die Beziehungen zwischen der Frosthärte des Keimlings und des einjährigen Sämlings können trotz der meist negativen Befunde noch nicht als völlig geklärt betrachtet werden. Da nach unseren Feststellungen die Frosthärte der Keimlinge weitgehend durch störende Außenfaktoren beeinflusst wird, die in unseren bisherigen Versuchen wahrscheinlich weder restlos erfaßt noch ausgeschaltet werden konnten, bleibt die Möglichkeit offen, daß zwischen der Frosthärte beider Altersstadien Zusammenhänge bestehen, die sich eines Tages praktisch nutzen lassen.

Literatur

1. KARNATZ, H.: Untersuchungen über die Frostresistenz der Obstgehölze im Baumschulstadium. Teil III. Der Züchter 26, H. 10, 307—315 (1956).
2. KEMMER, E.: Zur Suche nach frostfesten Obstgehölzen. Ceres, 1949, H. 4/5, 22.
3. KEMMER, E. u. F. SCHULZ: Das Frostproblem im Obstbau. München 1955.
4. KEMMER, E. u. F. SCHULZ: Die Bedeutung des Kernobstsämlings als Unterlage. Landw. Jahrbuch 83, H. 3, 297 bis 319 (1936).
5. KEMMER, E. u. I. THIELE: Frostresistenzprüfungen an keimenden Kernobstsamen. Der Züchter 25, H. 1/2, 57—60 (1955).
6. MÜLLER, G.: Untersuchungen über die Kältefestigkeit von Pflaumensorten. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 23, H. 1, 91—144 (1939).
7. SCHANDER, H.: Keimungsphysiologische Studien an Kernobst, Teil V. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 35, H. 3, 345—361 (1956).
8. SCHMIDT, M.: Beiträge zur Züchtung frostwiderstandsfähiger Obstsorten. Der Züchter 14, H. 1, 1—19 (1942).
9. SCHWECHTEN, A.: Untersuchungen über die Kältefestigkeit von Obstunterlagen. Die Gartenbauwissenschaft 9, H. 6, 575—616 (1935).
10. SORAUER, P.: Experimentelle Studien über die mechanischen Wirkungen des Frostes bei Obst- und Waldbäumen. Landw. Jb. 35, 469—526 (1906).
11. THIELE, I.: Jungfernfrüchtigkeit bei Kernobst als züchterische Aufgabe. Der Züchter 26, H. 7/8, 241—243 (1956).
12. WILHELM, A. F.: Experimentelle Untersuchungen über die Kälteresistenz von Reben und Obstgehölzen. Die Gartenbauwissenschaft 8, H. 1, 77—114 (1933).
13. WINKLER, A.: Über den Einfluß der Außenbedingungen auf die Kälteresistenz ausdauernder Gewächse. Jb. f. wissenschaftl. Botanik 52, H. 4, 467—506 (1913).
14. ZWINTZSCHER, M.: Experimentelle Untersuchungen zur Züchtung von Obstgehölzen mit frostwiderstandsfähigen Fruchtknospen und Blüten. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 26, H. 3/4, 245—352 (1944).

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Freiburg, Direktor: Professor Dr. F. OEHLKERS, und der Staatlichen Anstalt für experimentelle Therapie, „Paul-Ehrlich-Institut“, Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. R. PRIGGE)

Varianzanalyse und Konfidenzbehauptungen

Von PETER IHM

Mit 5 Textabbildungen

1. In einer kürzlich erschienenen Arbeit hat W. U. BEHRENS (1956) die Frage aufgeworfen, ob die Varianzanalyse, die simultanen Tests oder der einfache STUDENTSche t -Test die bei der landwirtschaftlichen Sortenanalyse auftretenden Fragen beantwortet. Da die Antwort von großer praktischer Bedeutung ist, lohnt sich der Versuch, das Problem von einer anderen Seite zu beleuchten, als dies BEHRENS getan hat. In einer anderen Arbeit (IHM 1955) habe ich zeigen können, daß in bestimmten Fällen ein simultaner Test verwendet werden muß, bzw. simultane Konfidenzbehauptungen

aufgestellt werden müssen. Hier möchte ich verschiedene in der Praxis auftretende Fälle behandeln und Kriterien für die Verwendung der einzelnen Methoden angeben. Dazu verwende ich den Begriff des Konfidenzschlusses, den ich im folgenden Abschnitt kurz erläutere, um dann zu den einzelnen Problemstellungen selbst überzugehen.

2. Sei das n -tupel von unabhängigen Meßwerten $x = (x_1, \dots, x_n)$ normalverteilt und das n -tupel von Erwartungswerten $m = (m_1, \dots, m_n)$ gegeben, und sei H_0 die Hypothese $m = m_0$ (Nullhypothese). Die Gegen-