

AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN  
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK

---

# ARCHIV FÜR GARTENBAU

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN



BAND 32 · 1984 · HEFT 7

ISSN 0003-908 X

Arch. Gartenbau, Berlin **32** (1984) 7, 275–346

EVP 5,- M

**Zeitschrift „Archiv für Gartenbau“**

Herausgeber: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften  
der Deutschen Demokratischen Republik  
DDR - 1086 Berlin, Krausenstraße 38/39.

Verlag: Akademie-Verlag, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Straße 3-4, PF-Nr. 1283.

Fernruf: 223 6221 oder 223 6229, Telex-Nr.: 11 44 20;

Bank: Staatsbank der DDR, Berlin, Kto.-Nr.: 6836-26-20712.

Chefredakteur: Prof. Dr. sc. WOLFGANG FEHRMANN, Institut für Obstforschung Dresden-Pillnitz der AdL,  
DDR - 8057 Dresden, Pillnitzer Platz 2.

Redaktionskollegium: Prof. Dr. sc. H. BOCHOW, Berlin; Dr. E. ENGEL, Großbeeren; Prof. Dr. sc. H. FRÖHLICH, Großbeeren;  
Prof. Dr. F. GÖHLER, Großbeeren; Prof. Dr. sc. H.-G. KAUFMANN, Berlin; Prof. Dr. sc. H. KEGLER, Aschersleben,  
Prof. Dr. sc. Dr. h. c. S. KRAMER (stellvertr. Chefredakteur), Berlin; Prof. em. Dr. sc. H. RUPPRECHT, Berlin;  
Prof. Dr. habil. G. STOLLE, Halle; Prof. Dr. sc. G. VOGEL, Großbeeren; Dr. sc. R. WEICHOLD, Quedlinburg;  
Dr. H. ZIMMERMANN, Nossen.

Anschrift der Redaktion: Institut für Obstforschung Dresden-Pillnitz der AdL, „Archiv für Gartenbau“,  
DDR - 8057 Dresden, Pillnitzer Platz 2.

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1276 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik.

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Gottfried Wilhelm Leibniz“, DDR - 4450 Gräfenhainichen.

Erscheinungsweise: Die Zeitschrift „Archiv für Gartenbau“ erscheint jährlich in einem Band mit 8 Heften. Das letzte Heft eines Bandes enthält Inhalts-, Autoren- und Sachverzeichnis. Bezugspreis eines Bandes 200,- M zuzüglich Versandkosten. Preis je Heft 25,- M

Bestellnummer dieses Heftes: 1039/32/7.

Urheberrecht: Die Rechte über die in dieser Zeitschrift abgedruckten Arbeiten gehen ausschließlich an die Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik über. Ein Nachdruck in anderen Zeitschriften oder eine Übersetzung in andere Sprachen bedarf der Genehmigung der Akademie, ausgenommen davon bleibt der Abdruck von Zusammenfassungen. Kein anderer Teil dieser Zeitschrift darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung der Akademie reproduziert werden.

All rights reserved (including those of translation into foreign languages). No part of this issue, except the summaries may be reproduced in any form, by photoprint, microfilm, or any other means, without written permission from the publishers.

© 1984 by Akademie-Verlag Berlin. Printed in the German Democratic Republic.

AN (EDV) 51 516

**Bestellungen sind zu richten**

– in der DDR an die Deutsche Post, Zentralvertrieb des PZV (B), 7930 Herzberg/Elster oder an den  
AKADEMIE-VERLAG, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Straße 3-4, PF-Nr. 1233;

– im sozialistischen Ausland an eine Buchhandlung für fremdsprachige Literatur oder an den zuständigen  
Postzeitungsvertrieb;

– in der BRD und Berlin (West) an eine Buchhandlung oder an die Auslieferungsstelle  
KUNST UND WISSEN, Erich Bieber OHG, Wilhelmstraße 4-6, D - 7000 Stuttgart 1;

– in den übrigen westeuropäischen Ländern an eine Buchhandlung oder an die Auslieferungsstelle  
KUNST UND WISSEN, Erich Bieber GmbH, Dufourstraße 51, CH - 8008 Zürich;

– im übrigen Ausland an den Internationalen Buch- und Zeitschriftenhandel; den Buchexport, Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR - 7010 Leipzig, Postfach 160; oder an den  
AKADEMIE-VERLAG, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Straße 3-4, PF-Nr. 1233

Arch. Gartenbau, Berlin 32 (1984) 7, S. 275–289

Institut für Obstforschung Dresden-Pillnitz der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

JOSEF SALZER

## Frostverträglichkeit der Obstarten

### I. Mitteilung: Stand der Methodik zur Frostverhaltensforschung, Faktoren, die die Frostverträglichkeit beeinflussen und daraus abgeleitete Methode zur Beurteilung der Frostverträglichkeit der reproduktiven Organe des Apfels

Eingang: 20. Dezember 1983

#### 1. Einleitung und Zielstellung

Eines der ältesten Probleme auf dem Gebiet der Physiologie der Obstgehölze ist die Fähigkeit, Kältestreß zu widerstehen. Tiefe Temperaturen im Winter führten in der Vergangenheit (z. B. 1928/29, 1955/56) zu großen Baumausfällen. Derartige Extremwinter sind jederzeit wieder möglich. Dieser Gesichtspunkt darf keinesfalls vergessen werden, auch wenn wir fast 3 Jahrzehnte auf dem Gebiet der DDR keinen Extremwinter zu verzeichnen haben. Durch frostharte Sorten-Unterlagen-Kombinationen kann größeren Winterfrostschäden vorgebeugt werden. Infolge extremer Spätfröste kam es in den letzten Jahren zu großen Teilschäden bzw. zum Totalausfall der Ernte bei einzelnen Obstarten. In der DDR wurden im Jahre 1959 infolge Spätfröste nur 30 % des langjährigen Mittels des Obstaufkommens erreicht. Größere Blütenfrostschäden entstanden in den Jahren 1968, 1970, 1976, 1977, 1978, 1980 und besonders 1981. Bei Süßkirsche war 1974 und 1978 gebietsweise Totalausfall zu verzeichnen. Im Bezirk Leipzig (LPG Dürreweitzschen) kam es in den Jahren 1977 bis 1980 (WINKLER, 1981) infolge von Spätfrostschäden zu starker Ertragsdepression. Nach NEUMANN, D. und NEUMANN, U. (1981) hatten die Jahreswerte des Reinertrages der Apfelbäume in den Nordbezirken in der Zeitspanne von 1960 bis 1970 eine Spannweite von 48,4 bis 6,5 kg/Baum (214 bis 21 % des Mittelwertes). Bereits KEMMER und SCHULZ (1955) wiesen nach, daß die Instabilität der Erträge zum großen Teil durch Frostschäden der reproduktiven Organe (r. O.) bzw. durch anhaltenden Regen während der Blütezeit verursacht werden. Durch Blütenfrost bedingte Ausfalljahre sind gegenwärtig nicht vermeidbar.

Um auf biologischem Weg eine Minderung der Spätfrostschäden zu erreichen, müssen Sorten bereitgestellt werden, die die Spätfröste mit einer noch ausreichenden Zahl r. O. überleben. Aus dieser Notwendigkeit heraus wurde die Aufgabe gestellt, eine Prüfmethode zur Beurteilung der Frostverträglichkeit (FV) der r. O. zu erarbeiten. Zur Untersuchung der FV wurden bislang unterschiedliche Verfahren angewandt. Es

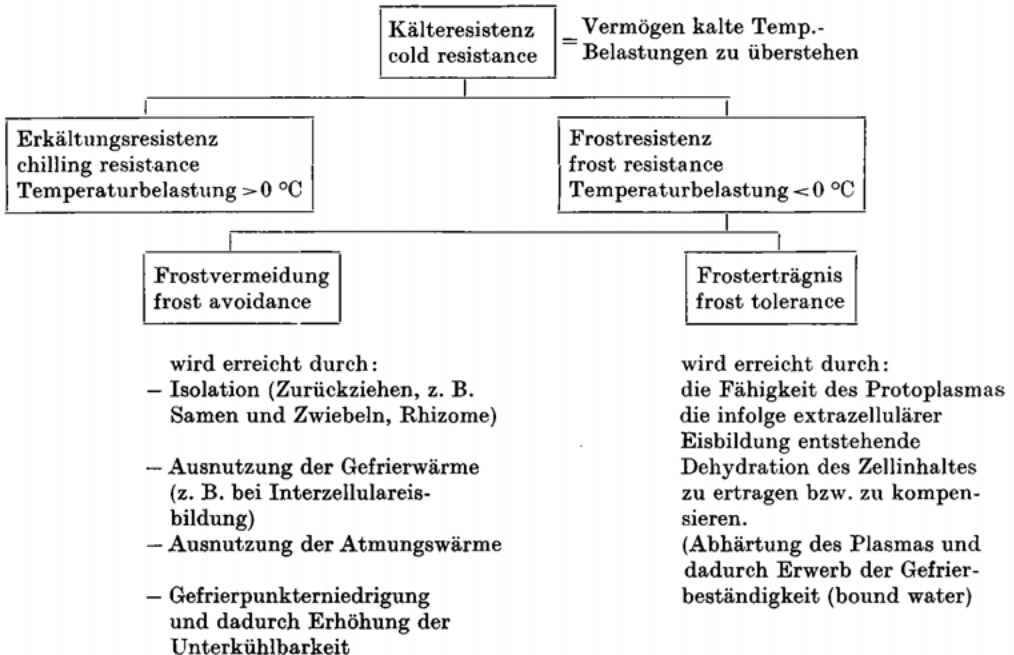
ist zu prüfen, welche Methode sich am besten zur Beurteilung der FV der r. O. des Kern- und Steinobstes eignet. Dabei sollten auch Hinweise gewonnen werden, welche weiteren methodischen Verbesserungen notwendig sind. Bisher ist in der Literatur die Frage offen, ob die FV der r. O. des Apfels, die sich im gleichen Entwicklungsstadium befinden und den gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt waren, unterschiedlich ist, d. h. ob dieses Merkmal ein Sortenmerkmal darstellt. Die Methode sollte den Vergleich der FV der r. O. unterschiedlicher Sorten und unterschiedlicher Entwicklungsstadien erlauben. Sofern es sich ergibt, daß die FV ein Sortenmerkmal ist, sollte das Prüfverfahren so weiterentwickelt werden, daß es zur Beurteilung von Zuchtmaterial einsetzbar ist. Hierbei sollte es der Forderung genügen, mit relativ wenig r. O./Jahr auszukommen. Die für die FV-Prüfung erforderliche Menge soll 150 r. O. pro Idiotyp und Jahr nicht überschreiten. Über die Erfüllung dieses Stufenprogrammes soll in dieser Arbeit bzw. in den nächsten Mitteilungen berichtet werden.

## 2. Definitionen

Unter Kältestreß ist eine von der Norm abweichende Kälteeinwirkung zu verstehen, die durch die Tiefe der Temperatur und durch die Dauer der Frosteinwirkung gekennzeichnet ist und belastend wirkt. Sofern Kälteresistenz (Anpassungsfähigkeit) besteht, wird eine solche Belastung überwunden. Kälteresistenz (cold resistance) ist der Oberbegriff für Erkältungsresistenz (chilling resistance) und Frostresistenz (frost resistance)

Tabelle 1

Komponenten der Kälteresistenz und Zusammenhang zwischen Resistenz, Toleranz und avoidance (SALZER, J. verändert nach LEVITT 1958, KREEB 1972, LARCHER 1982)



(Tab. 1). Die Erkältungsresistenz betrifft Resistenz gegen Temperaturschädigungen, die über 0 °C entstehen; die Frostresistenz betrifft Resistenz gegen Schäden durch Gefrieren. Es ist die Fähigkeit, große Kälte ohne bleibenden Schaden zu überleben. Die Frostresistenz ergibt sich aus der Fähigkeit des Protoplasmas, extreme Temperaturen zu ertragen (frost tolerance) und aus der Wirksamkeit von Erscheinungen, die den Eintritt von Schäden verzögern bzw. vermeiden (frost avoidance). Die Einwirkung von Minustemperaturen wird ertragen, wenn Kälteabhärtung (cold hardiness) vorliegt. Unter Kälteabhärtung verstehen wir die Entfaltung der ererbten Reaktionsnorm im Sinne der Steigerung der Resistenz gegen Kälte. Es ist die Anpassung der Pflanzen an eine Temperaturabsenkung unter 0 °C (LARCHER, 1980). Unter Frostverträglichkeit verstehen wir jenen meßbaren ungeschädigten prozentualen Anteil lebender Materie (Organismus bzw. Organ bzw. Gewebe bzw. Zelle bzw. bestimmte Teile der Zelle), der bei Einwirkung bestimmter Frostbelastungen (Temperatur-Dauer-Kombinationen) überlebt und durch eine „Letale Grenze“ (LG) ausdrückbar ist (SALZER und NOLLAU 1982).

- FV<sub>akt.</sub> = aktuelle Frostverträglichkeit, sie spiegelt die momentane Frostverträglichkeit unter den gegebenen Witterungsbedingungen wieder  
 FV<sub>min.</sub> = minimale Frostverträglichkeit, sie kennzeichnet die durch Wärmebehandlung bzw. Wasseraufsättigung der Triebe erreichbare geringste Frostverträglichkeit  
 FV<sub>pot.</sub> = potentielle Frostverträglichkeit, sie kennzeichnet die durch Kältebehandlung bzw. durch Veränderung des Gewebewassergehaltes erreichbare maximale Frostverträglichkeit;  
 Nur unter Laborbedingungen ist es möglich, bei stufenweiser Abhärtung die r. O. im Ruhezustand soweit abzuhärten, daß Temperaturen ertragen werden, die weit unter den in der Natur vorkommenden liegen.

### 3. Methoden, die bisher zur Bestimmung der Frostverträglichkeit der reproduktiven Organe eingesetzt wurden

Es werden nachstehend nur die für die Prüfung der FV der r. O. des Apfels verwendbaren, in der Literatur beschriebenen Methoden erwähnt und hinsichtlich ihrer Eignung eingeschätzt.

#### – Überlebensmethode

Diese Methode beruht darauf, daß Bäume, bzw. Organe oder Gewebe frostbelastet und danach aus dem Regenerationsvermögen auf die FV geschlossen wird. MURAWSKI (1962) und MITTELSTÄDT (1965) prüften mit einer fahrbaren Kühlzelle die FV ganzer Bäume im Freiland. Damit kann anschließend auch die Weiterentwicklung bis zum Fruchtstadium beobachtet werden. Sofern nur Teile einer Pflanze (z. B. Triebe) verwendet werden, kann man das Material im Labor frostbelasten, anschließend in Wasser bzw. Nährlösung stellen, 10 bis 30 Tage im Gewächshaus belassen und dann das Regenerationsvermögen bonitieren (ZWINTZSCHER 1944). Dieses von uns als „Nährlösungsmethode“ bezeichnetes Verfahren ist besonders für FV-Prüfungen im Knospenruhestadium zu empfehlen.

#### – Histologische Methode (Plasmolytische Methode)

Der Prozentsatz überlebender Zellen wird mit Hilfe der Plasmolyse- bzw. Deplasmolysefähigkeit ermittelt. Überlebende Zellen, deren Plasmalemma semipermeabel geblieben ist, bleiben turgeszent, abgestorbene Zellen bleiben geschrumpft. Die Methode der Zellzählung mit geschrumpften Protoplasten beruht auf der unmittelbaren Bewer-

tung des Schädigungsgrades der Gewebe (KREEB 1977). In diese Gruppe sind auch jene Methoden einzureihen, die das Permeabilitätsvermögen frostbelasteter Zellen als Kriterium der FV verwenden. Diese Methoden erfordern eine große Anzahl von Wiederholungen, sie sind nur für die Prüfung der FV von r. O. im Ruhezustand geeignet, da sich in diesem Zeitraum die Entwicklung relativ langsam vollzieht. In der aktiven Phase sind die Dauern für die jeweiligen Entwicklungsstadien sehr kurz und insofern ist nur wenig Zeit für die Untersuchung des Materials vorhanden. Die erforderliche Anzahl von Wiederholungen würde während der aktiven Phase eine zu hohe Anzahl an Arbeitskräften und einen zu hohen apparativen Aufwand erfordern.

#### – Überlebensfärbung

In dieser Gruppe überwiegt die von STEPONKUS und LANGPHEAR (1967) angewandte Bewertung der Schädigungen, die sich auf die Reaktion aktiver Enzyme aus der Gruppe der Dehydrogenasen mit 2,3,5-Triphenyl-Tetrazolium-Chlorid stützt. Das entstandene Formazan kann kolorimetrisch ausgewertet werden. Nach JANKIEWICZ (1979) haften dieser Methode aber Fehler an. Aus noch nicht näher bestimmbareren Gründen zeigen die gefrostenen Gewebe sporadisch bei einer Temperatur nahe 0 °C eine höhere Fermentaktivität als noch nicht frostbelastetes Kontrollgewebe, das bei Temperaturen von 5 °C aufbewahrt wurde (HOLUBOWICZ und PACHOLAK 1973).

#### – Konduktometrische Methode

Diese Methode wird sehr häufig angewandt (KETCHIE et. al. 1972, HOLUBOWICZ und BOJAR, 1977 u. a.). Sie beruht darauf, daß bei frostgeschädigtem Gewebe, welches 24 Stunden gewässert wird, aus den abgestorbenen Zellen, bei denen die Semipermeabilität verlorengegangen ist, die löslichen Bestandteile in das Wasser diffundieren. Dadurch wird die elektrische Leitfähigkeit der Lösung erhöht. Der elektrische Widerstand der Lösung wird mit Hilfe von zwei Platinelektroden gemessen. Er vermindert sich proportional zur Zahl der geschädigten Zellen. Als Bezugsgröße dient Aqua bidest. Diese Methode ist geeignet für r. O. im Stadium 0 bis 2. Jedoch kann auch diese Methode nicht voll befriedigen, weil sie aus bisher nicht näher erklärbareren Gründen nicht wiederholbare Meßergebnisse bringt (HOLUBOWICZ und PIANIAZEK, 1977).

#### – Die kryoskopische Gefrierpunktsbestimmung

Mit Hilfe eines Gefriermikroskops, das mit einem Kühlisch ausgestattet ist, werden einschichtige Gewebe und Schnitte gekühlt. Die Objekte werden in einem hydrophoben Medium (z. B. Siliconöl) eingebettet. Mit Hilfe von dünnrahtigen Thermoelementen, deren Lötstelle den Schnitt berührt, wird die beim Gefrieren freiwerdende Kristallisationswärme erfaßt. Die Abkühlgeschwindigkeit soll nach LARCHER (1976) 1 bis 2 K/min betragen. Durch Erschütterung des Objektes während der Abkühlung wird die Unterkühlung verhindert. Diese Methode ist zwar für r. O. bis zum roten Knospenstadium brauchbar, nicht aber für die Untersuchung des Gynäceums bspw. im Ballonstadium bis Abblütstadium geeignet.

#### – Differential-Thermo-Analyse

Diese Methode dient ähnlich der kryoskopischen Methode zur Ermittlung der beim Gefrieren frei werdenden Kristallisationswärme (HATAKEYAMA 1961; ROTTENBURG 1972; SCHMID 1972; WEISER 1970). Sie unterscheidet sich von der vorher genannten Methode dadurch, daß der im Untersuchungsobjekt herrschende Temperaturablauf und die dabei auftretenden Temperaturexotherme von einem schnell-schreibenden Registriergerät aufgezeichnet werden. Diese Methode gilt zur Zeit als genaueste zur

Beurteilung der Winterfrostresistenz, ist aber als Massenselektionsmethode noch nicht einsetzbar, weil Zeit- und Arbeitsaufwand für eine Einzeluntersuchung relativ groß sind. Außerdem ist es mit diesem Verfahren gegenwärtig nicht möglich, den Einfluß der Belastungsdauer zu messen. Bei weiterer Vervollkommnung dieser Methode bzw. durch Kombination mit anderen Methoden ist zu erwarten, daß dieses Verfahren auch zur Untersuchung von r. O., die sich in der aktiven Phase befinden, eingesetzt werden kann.

#### – Bräunungsmethode

Dieses Verfahren, von uns als Bräunungsmethode bezeichnet, wurde von einer Vielzahl von Bearbeitern (z. B. LARCHER 1976, ZWINTZSCHER 1944) zur Beurteilung der Objekte eingesetzt. Nach LARCHER (1976) entsteht die Braunfärbung als Folge der Frostbelastung auf Grund der Oxydation von Gerbstoffen und verschiedenen im Zellsaft gelösten Verbindungen. Diese Methode ist sehr gut für Massenuntersuchungen geeignet und wurde unserer spezifischen Zielstellung angepaßt.

### 4. Faktoren, die die Frostverträglichkeit beeinflussen

Auf die FV der r. O. haben eine Reihe von Faktoren Einfluß. Aus der Vielzahl dieser Faktoren soll an ausgewählten Beispielen der Einfluß durch Jahreszeit, Entwicklungszustand, Vortemperatur und Gewebewassergehalt veranschaulicht werden. Diese im Komplex wirkenden Faktoren sind, wie später bei der Probenvorbehandlung der künstlichen FV-Prüfung noch gezeigt wird, besonders zu berücksichtigen.

#### 4.1. Einfluß der Jahreszeit

In Abhängigkeit von der Jahreszeit schwankt der Jahresverlauf der Frostverträglichkeit von Gehölzen außerhalb der Tropen zwischen einem Minimalwert während der Vegetationsperiode und einem Höchstwert im Winter (Abb. 1). Die Temperaturdifferenz  $\Delta T$ , die zwischen minimaler und potentieller FV (vgl. Abb. 1) der r. O. besteht, ist im Knospenruhestadium im Mittwinter besonders groß.

#### 4.2. Einfluß des Entwicklungszustandes

Im Frühjahr sind die Unterschiede der FV zwischen den Arten unterschiedlicher Herkunft auf verschieden schnelle Aktivierung des Stoffwechsels nach Aufhebung der Winterruhe zurückzuführen. Wie das Beispiel der Abbildung 2 zeigt, besitzen *Malus* zumi und die beiden Obstarten eine sehr unterschiedliche Entwicklungsbereitschaft. Die Entwicklungsbereitschaft wiederum beeinflußt den späteren Verlauf der Weiterentwicklung bzw. den Entwicklungszustand der r. O. Unter natürlichen Bedingungen bestimmt der Jahresverlauf der Witterung den Entwicklungszustand der r. O. Man kann aber auch durch Simulation der jahreszeitlich bedingten Klimafaktoren, zu jedem beliebigen Zeitpunkt jedes beliebige Entwicklungsstadium erreichen. Die FV der r. O. nimmt allgemein mit zunehmender Entwicklung nach Knospenaufbruch ab. Man bezeichnet die durch unterschiedlichen Entwicklungszustand bedingten Unter-

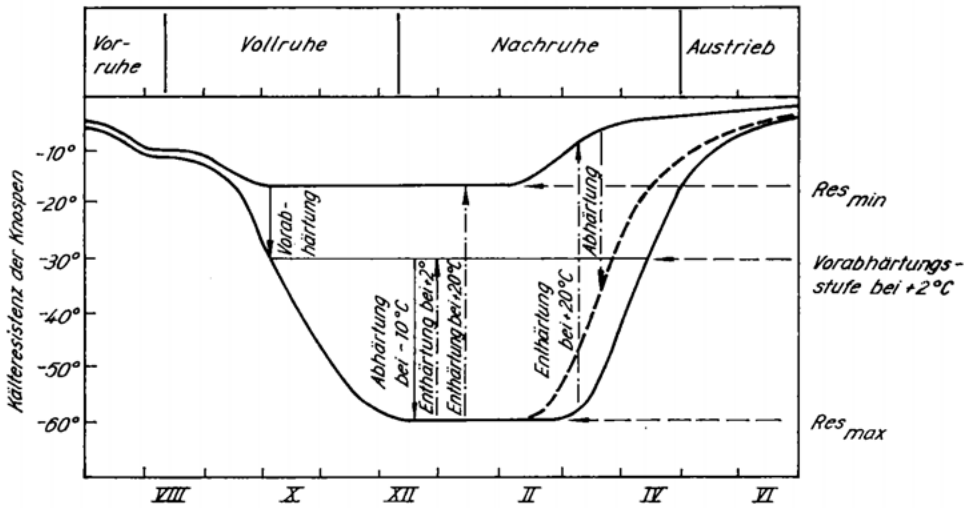


Abb. 1. Jahreszeitliche Dynamik der Kälteresistenz von vegetativen Knospen der Apfelsorte 'Antonovka'.

Obere ausgezogene Kurve: Minimalresistenz nach Enthärtung.

Untere ausgezogene Kurve: Maximal erreichbare Kälteresistenz nach stufenweiser Abhärtung bei fortbestehendem Dauerfrost von  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Gestrichelte Kurve: Verminderte Kälteresistenz nach Enthärtung bis Wiederhärtung (Rückhärtung)

(SALZER, verändert nach LARCHER 1980)

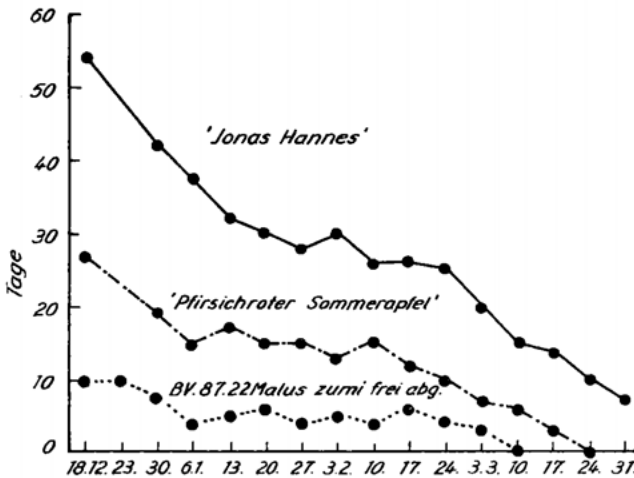


Abb. 2. Vergleich der unterschiedlichen Entwicklungsbereitschaft (Tage bis zum Laubaustrieb) bei einigen Malus-Formen nach dem Einstellen in das Gewächshaus während des Winters 1957/58; nach MURAWSKI (1961)

schiede der FV im Gegensatz zu den genotypisch bedingten Unterschieden gleicher Entwicklungsstadien als „Frost-Scheinresistenz“. In der Abbildung 3 sind die Temperaturkurven für 90 %iges bzw. 10 %iges Überleben der r. O. in Abhängigkeit vom