

Lehranstalt Geisenheim 453 (1907). — 18. SCHMITT-HENNER, F.: Die Transpirationsgröße verschiedener Amerikanerben. Ber. d. Lehranstalt Geisenheim 457 (1907). — 19. STÄLFELT, M. G.: Die Abhängigkeit der Spaltöffnungsreaktionen von der Wasserbilanz. *Planta* 8, 287—340 (1929). — 20. STÄLFELT, M. G.: The stomata as a hydrophobic regulator of the water deficit of the plant. *Physiol. Plantarum* 8, 572 (1955). — 21. STÄLFELT, M. G.: Hdb. f. Pflanzenphysiologie, III, 324—421. Berlin: Springer (1956). — 22. STOCKER, O.: Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und

Evaporationsgröße I und II. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 47, 267 (1929). — 23. TUMANOW, J.: Ungenügende Wasserversorgung und das Welken der Pflanzen als Mittel zur Erhöhung ihrer Dürre-resistenz. *Planta* 3, 391—480 (1927). — 24. ZIMMERMANN, J.: Entwicklung, Histologie und Wasserhaushalt des Blattes in Beziehung zur Ökologie der Rebe (Gattung *Vitis*). Mttlg. Rebe und Wein V, 70—90 (1955). — 25. ZIMMERMANN, J.: Warum befriedigen die Unterlagen nicht? Deutscher Weinbaukalender 1955, S. 51. Waldkirch i. Br.: Waldkirchner Verlagsgemeinschaft.

Aus dem Institut für Züchtungsforschung der Bayerischen Landesanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau, Würzburg-Veitshöchheim\*

## Experimentelle Untersuchungen über das Spätfrostverhalten früher Entwicklungsstadien der Weinrebe

Von ALFRED REICHARDT

Mit 9 Abbildungen

### I. Einleitung und Problem

Die deutschen Weinbaugebiete liegen in der nördlichsten Grenzzone der nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu betreibenden Rebenkultur. Auf Grund dieses geographischen Standorts sind die jungen Rebentriebe von der Zeit ihres Austriebs — im Durchschnitt der Jahre Mitte April — bis Ende Mai durch Spätfürste gefährdet. Dies gilt ganz besonders für die „ökologischen Nischen“ (BREIDER) in den Randgebieten des Weinbaus, wo die Standortbedingungen bisher eine rentable Rebenkultur gerade noch zuließen. So werden die weit unter dem Durchschnitt des Bundesgebietes liegenden Hektarerträge des fränkischen Weinbaues entscheidend durch die Auswirkungen der Spätfürste beeinflusst. Aber auch in den klimatisch mehr begünstigten deutschen Weinbaugebieten entstehen immer wieder empfindliche Ertragsausfälle durch Spätfürste.

Mit den bekannten Frostschutzmaßnahmen — Vernebelung, Beheizung und Beregnung — werden schon seit Jahrzehnten Erfolge erzielt. Die praktische Anwendung dieser Maßnahmen ist jedoch der wissenschaftlichen Erkenntnis weit vorausgeeilt. Bei dem bisher als allgemein sicher geltenden Frostschutz durch Beregnung mußten im Weinbau in den Jahren 1957 und 1959 empfindliche Rückschläge hingenommen werden. Diese Rückschläge sind weniger auf technische Mängel der Beregnungsanlagen als auf unsere unzureichende Kenntnis der physiologischen Reaktionen des jungen Rebentriebes gegenüber den meteorologischen Einwirkungen zurückzuführen.

Bei der großen Bedeutung des Spätfrostes im deutschen und insbesondere im fränkischen Weinbau haben wir uns um die Klärung folgender Fragen bemüht:

1. Können bei jungen Rebentrieben gleichen Entwicklungsstadiums Sortenunterschiede in der Frostempfindlichkeit nachgewiesen werden?

2. Bestehen Unterschiede im Frostverhalten der verschiedenen Entwicklungsstadien des Rebentriebes innerhalb der gleichen Sorte?

3. Inwieweit kommt bei Spätfrostwirkungen auf den jungen Rebentrieb neben der Temperatur der relativen Luftfeuchtigkeit Bedeutung zu?

### II. Material und Methode

#### Kühlkammerversuche

Reben verschiedener Sorten wurden als Zweiaugenstecklinge (sog. „Stupfer“) in einem Torf-Sand-Kompost-Gemisch (1:1:1) in viereckigen Tonschalen herangezogen. Wegen des jahreszeitlich bedingten unzureichenden Lichteinfalls schalteten wir tagsüber während zwölf Stunden zwei 40 Watt-Neonröhren als zusätzliche Lichtquelle ein. Die Stupfer wurden zur raschen Überwindung der Winterruhe zunächst im Gewächshaus etwa zwei Wochen bei ca. 24°C gehalten. Nach den Empfehlungen von KUCKUCK und MUDRA (18) sowie von FUCHS und v. ROSENSTIEL (9) über die Einrichtung von Frostresistenzprüfungen erschien es geboten, die Versuchspflanzen bei erniedrigten Temperaturen weiter zu kultivieren; wir wählten +12 bis 15°C. Da die Versuchspflanzen nicht alle auf einmal, sondern im Abstand von einigen Tagen in das niedriger temperierte Glashaus gebracht wurden, ergaben sich die erwünschten Unterschiede in den Entwicklungsstadien der Triebe. Die Anzucht der Stecklinge dauerte insgesamt 4—5 Wochen.

Etwa vier Tage vor Versuchsbeginn begann das Abhärten: Drosseln der Heizung und starkes Lüften; bei Temperaturen über 0°C wurden die Versuchspflanzen für mehrere Stunden an einen schattigen Ort im Freien gebracht. Transport von Würzburg nach Karlsruhe bzw. Hohenheim im mäßig temperierten Kraftwagen. In Karlsruhe wurden die Reben bis zum jeweiligen Versuchsbeginn bei einer konstanten Temperatur von +2°C gehalten, in Hohenheim bei +12°C.

Bei der vorliegenden Untersuchung sind folgende Stadien der Entwicklung des jungen Rebentriebes zu unterscheiden:

\* Herrn ORR Dr. habil. H. BREIDER, Würzburg, danke ich für die Förderung der vorliegenden Untersuchung. Seine kritischen Hinweise und Anregungen waren mir sehr wertvoll. Die Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung in Karlsruhe (Dir. Prof. Dr. J. KUPRIANOFF) und das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung in Stuttgart-Hohenheim (Dir. Prof. Dr. W. BROUWER) stellten ihre Kühlkammern und Sechsfarbensreiber zur Verfügung und gewährten technische Hilfe. Ohne das großzügige Entgegenkommen und die aktive Unterstützung dieser Institute wäre diese Untersuchung nicht möglich gewesen.

1. Blätter sind noch nicht entfaltet, die schützende Hülle der Knospenschuppen und Wollhaare ist aber bereits verlassen.

2. Stadium mit einem oder zwei entfaltenen Blättern.

3. Stadium mit drei entfaltenen Blättern.

4. Stadium mit vier entfaltenen Blättern.

5. Stadium mit fünf und mehr entfaltenen Blättern.

Der Anteil der erfrorenen Triebe wurde für die einzelnen Entwicklungsstadien getrennt in v. H. der Gesamtzahl der Triebe in dem jeweiligen Stadium ausgerechnet. Konnten innerhalb eines Versuchsgliedes bei einem bestimmten Entwicklungsstadium nur 5 oder noch weniger Individuen beobachtet werden, so wurde auf eine Bestimmung des Anteils der erfrorenen Triebe an der Gesamtzahl verzichtet.

Die Rebsorten *Riesling*, *Silvaner*, *Portugieser*, *Mainriesling*, *Müller-Thurgau* und *S. 3951* wurden in den Versuchen A bis D in der Zeit vom 11. bis 14. 1. 60 in der Kühlkammer getestet. Das Ergebnis dieser Versuchsreihe ist auf Abb. 2 wiedergegeben. Zur Überprüfung der Versuche A bis D (Karlsruhe) richteten wir die Versuche E bis H ein. Diese liefen in der Zeit vom 15.—19. 3. 60 ebenfalls in Karlsruhe. Dieses Mal beschränkten wir uns auf zwei Rebsorten, um in den einzelnen Versuchsgliedern mit größeren Individuenzahlen arbeiten zu können. Die Ergebnisse der Versuchsreihe E bis H sind auf Abb. 3 dargestellt. Die Anzahl der Testpflanzen, die in den Versuchen der Reihe A—H verwendet wurden, geht aus Tab. 1 hervor.

Tabelle 1. Anzahl der bei den Versuchen A—H verwendeten Testpflanzen.

Rebsorte	Anzahl der Testpflanzen							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>S. 3951</i>	20	67	48	37	278	290	248	374
<i>Portugieser</i>	79	70	64	45	—	—	—	—
<i>Mainriesling</i>	72	115	93	70	—	—	—	—
<i>Riesling</i>	44	61	39	21	—	—	—	—
<i>Müller-Thurgau</i>	53	55	34	10	—	—	—	—
<i>Silvaner</i>	36	33	24	11	228	127	162	162

Die Fragestellung der Versuchsreihen G und I ergab sich aus den Ergebnissen der Versuche A bis H. In der Versuchsreihe G sollten jene Temperaturen bestimmt werden, bei welchen in den verschiedenen untersuchten Sorten und Entwicklungsstadien der Kältetod der Pflanze eintritt. Die Versuchsreihe I wurde eingerichtet, um zu prüfen, inwieweit sich auch bei der Rebe wie beispielsweise bei Tabak (29) und Kartoffeln (33) Frostdauer und Frostgrad bei ihrer Schadenswirkung gegenseitig ersetzen können.

#### Anordnung der Versuchsreihen A bis H

Bei der Regulierung der meteorologischen Faktoren dieser Versuche waren wir bemüht, Bedingungen herzustellen, wie sie im Freiland während einer Frostnacht im Frühjahr häufig anzutreffen sind. Wir arbeiteten bei Temperaturen bis zu  $-3^{\circ}$  und  $-5^{\circ}\text{C}$ , die mittels indirekter Solekühlung erzeugt wurden. Jeder einzelne Versuch begann stets bei  $0^{\circ}\text{C}$  und dauerte sechs Stunden. Innerhalb vier Stunden wurde bis zum erwünschten Temperaturminimum, also  $-3^{\circ}$  bzw.  $-5^{\circ}\text{C}$ , heruntergefahren; anschließend innerhalb zwei Stunden langsame Wiedererwärmung bis zum Nullpunkt. Der Versuch D bildete eine Ausnahme: er dauerte nur vier Stunden bei einem Temperaturminimum von  $-1^{\circ}\text{C}$ . Die Raumtemperatur

wurde mit Hilfe eines Sechsfarbenpunktschreibers (System Hartmann & Braun) überwacht. Die Temperaturkurve des Versuchs F ist als Beispiel in Abb. 1 gezeigt. Durch Ein- und Ausschalten der Solepumpe und zweier provisorisch im Kühlraum installierter elektrischer Heizkörper gelang eine ziemlich kontinuierliche Steuerung des Temperaturverlaufes.

Da im Freiland selbst in windstillen Nächten wegen der Konvektionsströme immer mit leichten Luftbewegungen zu rechnen ist, wurde im Kühlraum ein einfacher Windkanal eingerichtet. Dieser erzeugte am Standort der Versuchspflanzen ohne Unterbrechung eine Luftbewegung

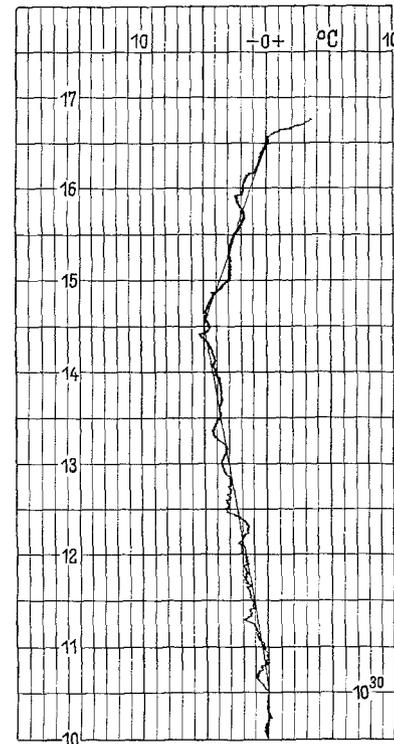


Abb. 1. Temperaturaufzeichnung des Sechsfarbenschreibers bei Versuch F als Beispiel für die Temperatursteuerung bei den Versuchen A—H.

von 0,5 m/sec. Der Windkanal bestand aus einem Ventilator und einer Blechröhre von etwa 3 m Länge und 20 cm Durchmesser.

Die Luftfeuchtigkeit wurde durch zwei kontinuierlich arbeitende Verdampfer und eine elektrische Kochplatte mit zwei Wassertöpfen aufrecht erhalten. Ein- und Ausschalten dieser Geräte bei Bedarf. Trockene Luft wurde mit Hilfe von Calciumchlorid erzeugt. Dieses wurde in die Nähe des Ventilators gebracht oder lose in die Röhre des Windkanals geschüttet. Ein Stechhygrometer, aufgehängt vor dem Guckloch der Kühlraumtür, und ein Thermohygraph dienten der Kontrolle der Luftfeuchtigkeit. Bei den Versuchen in relativ trockener Luft mußten infolge der Temperaturänderungen und der unvollkommenen Feuchteregulierungen Schwankungen der relativen Feuchte von 15 bis 20% in Kauf genommen werden. Bei feuchter Luft betragen die Schwankungen nur 5%.

Nach Abschluß der einzelnen Versuche der Reihen A bis H blieben die Versuchsreben über 12 Stunden im Kühlraum, der sich langsam bei ca.  $+10^{\circ}\text{C}$  erwärmte. Sodann kamen die Reben in einen Raum von  $+18^{\circ}\text{C}$ , wo der Versuch nach frühestens drei Stunden ausgewertet wurde.

Bei der Auswertung der Versuche wurde lediglich unterschieden zwischen erfrorenen und überlebenden Pflanzen. In Zweifelsfällen, die besonders bei den ganz frühen Stadien auftraten, wurde durch Longitudinalschnitte festgestellt, ob der Vegetationskegel noch unversehrt war. Triebe, die äußerlich noch voll turgeszent erschienen, deren Vegetationskegel jedoch total oder partiell abgetötet war, wurden zu den erfrorenen Trieben gerechnet. Bei der Auszählung der Versuche wurden schlafende Augen oder Augen „in der Wolle“ nicht berücksichtigt.

Dabei wird mit „die Augen sind noch in der Wolle“ ein Stadium unmittelbar vor dem Austrieb bezeichnet. Die

Augen sind in diesem Falle stark angeschwollen, lassen aber noch keine grünen Gewebeteile erkennen.

#### Anordnung der Versuchsreihen I und J

Die für die einzelnen Gefrierversuche bestimmten Stecklinge wurden unmittelbar vor dem Versuch aus ihren Tonschalen entnommen und in kleine Blechzylinder mit lockerem Quarzsand gebracht, dessen Temperatur an die Kühlkammertemperatur angeglichen war. Hätte man die Stecklinge in ihren Tonschalen belassen und so in die Kühlkammer gebracht, so hätte das eigene Wärmepotential der Pflanze in den Tonschalen die Temperaturmessungen beeinträchtigen können.

Auch bei diesen Versuchen stand ein Sechsfarbenpunktschreiber (System Hartmann & Braun) zur Verfügung. Jede der sechs Meßstellen war mit einem Eisen-Konstantan-Draht versehen, dessen Enden zu einer „Thermospitze“ zusammengelötet waren. Diese Thermospitze wurde an das jeweils größte Blatt der Testpflanzen angelegt und leicht in das Gewebe hineingedrückt. Bei den insgesamt 63 Einzelversuchen der Reihe I wurden fünf Meßstellen an die zu testenden Pflanzen von jeweils gleichem Entwicklungsstadium angelegt und eine Meßstelle an das entsprechende Entwicklungsstadium der Sorte *Schwarzblümling*. Diese Sorte wurde als Kontrolle bei den meisten Versuchen mitgemessen. Versuche, bei welchen die Meßstelle 6 (*Schwarzblümling*) extreme Abweichungen zeigte, wurden nicht ausgewertet.

Die einzelnen Versuche der Reihe I begannen bei Temperaturen von etwa  $+4^{\circ}\text{C}$  im Kühlraum. Das Kühlaggregat (indirekte Solekühlung mit Gebläse) lief nach dem Einschalten ohne Unterbrechung. Nach noch nicht 10 Minuten war der Nullpunkt erreicht und nach etwa 30–70 Minuten — je nach Rebsorte und Entwicklungsstadium — zeigte die Kurve auf dem Sechsfarbenschreiber einen deutlichen Sprung nach oben. Eine derartige plötzliche Erwärmung im unterkühlten Zellgewebe zeigt die Eisbildung im Pflanzeninneren an und gilt als Indikator für das Eintreten des Eistodes. Man bezeichnet diesen plötzlichen Sprung der Temperaturkurve nach oben als Gefriererschlag. Waren bei den Versuchen dieser Reihe sämtliche Kurven „gesprungen“ oder eine Temperatur von  $-6^{\circ}\text{C}$  erreicht, so wurde ausgeschaltet. Die Gefriererschläge erfolgten bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85–90%.

Bei den Versuchen der Reihe J waren Thermostaten eingeschaltet, die die vorgesehene Kühlraumtemperatur mit einem Schwankungsbereich von  $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  nach + oder — aufrecht erhielten. Der Temperaturverlauf wurde mit Hilfe des Sechsfarbenschreibers überwacht. Nach der gewünschten Zeit wurde ausgeschaltet und bonitiert. Auch hier lag die Luftfeuchte stets über 85%.

#### Untersuchung der Zellsaftkonzentration ausgetriebener Augen der Weinrebe

Die im folgenden mitgeteilten Ergebnisse der Kühlkammerversuche zeigten eine unterschiedliche Kälteresistenz der verschiedenen Entwicklungsstadien und Sorten der untersuchten Reben. Einige wesentliche Teilursachen der physiologischen Resistenz gegenüber Frost, über die FUCHS (9) und LEVITT (19) im einzelnen berichteten, werden durch die Bestimmung des osmotischen Wertes bzw. des Refraktometerwertes erfaßt. Der osmotische Wert des Zellsaftes gestattet Rückschlüsse auf die Hydratur und den Quellungsgrad des Plasmas. Nach WALTER (39) unterliegt der osmotische Wert den Schwankungen des Wassergehalts der Pflanzen bei Änderungen der Wasserbilanz und den Schwankungen des Gehalts an osmotisch wirksamen Substanzen im Zellsaft. Der Gehalt des Zellsaftes an gelöster Trockensubstanz (Refraktometerwert) folgt den gleichen Gesetzmäßigkeiten. Über Änderungen des osmotischen Wertes und des Refraktometerwertes im Verlauf der Ontogenese von Kulturpflanzen berichteten in neuerer Zeit KREEB (17) und ALLEWELDT und GEISLER (2).

Unterschiedliche Zellsaftkonzentrationen bei frostresistenten und weniger frostresistenten Sorten von Kulturpflanzen in abgehärtetem Zustand sind schon länger bekannt: ÅKERMAN (1), GASSNER und GOETZE (10), FUCHS (7) und MUDRA (24).

Obwohl osmotische Werte und Refraktometerwerte von den gleichen endogenen und exogenen Faktoren beeinflußt werden, können sie einander nicht ersetzen. Nach SLAVIK (32) wird das Verhältnis zwischen diesen beiden Werten von dem jeweiligen Anteil an dissoziierbaren und nicht dissoziierbaren gelösten Substanzen im Zellsaft bestimmt. Das Verhältnis dieser beiden Komponenten ändert sich im Verlauf der Ontogenese. Wird diese Einschränkung entsprechend berücksichtigt, so geht SLAVIK mit KREEB und mit ALLEWELDT und GEISLER einig, die Bestimmung der Zellsaftkonzentration mit Hilfe des Refraktometers als gröbere Feldmethode einzusetzen.

Bei unseren Untersuchungen wurden die für die Preßsaftgewinnung vorgesehenen jungen Rebentriebe z. T. nicht abgehärteten Stecklingen entnommen, die unter Glas ausgetrieben waren, z. T. wurden sie später im Weinberg an möglichst gleichalten wurzelechten Rebstöcken des gleichen Standorts gesammelt. Um die bei Proben des gleichen Standorts oft extremen Schwankungen in der Zellsaftkonzentration auszugleichen — vgl. auch KREEB (16) —, wurden bei jeder Probe mindestens zehn junge Triebchen verarbeitet. In den meisten Fällen, insbesondere bei den Stadien ohne entfaltete Blätter, waren es bedeutend mehr. Das Material wurde nach den Empfehlungen von WALTER (38) über die Bestimmung osmotischer Werte nach der Kryoskopmethode weiter behandelt: Abtöten des Gewebes durch 10 Minuten langes Erhitzen im verschlossenen Glasgefäß. Auspressen mit annähernd gleichem Höchstdruck. Die Bestimmung der Refraktometerwerte in Prozent erfolgte mit einem Handzuckerrefraktometer von Zeiss.

### III. Versuchsergebnisse

#### Die Frostanfälligkeit der einzelnen Entwicklungsstadien

Den Abb. 2 und 3 ist zu entnehmen, daß in dem hier untersuchten Bereich der ganz frühen Entwicklungsstadien des Rebentriebes die Frostresistenz mit zunehmender Entwicklung abnimmt. Der prozentuale Anteil der erfrorenen Triebe ist am geringsten bei den frühen Stadien, nämlich dort, wo der Trieb die schützende Hülle der Knospenschuppen und Wollhaare bereits verlassen, aber höchstens zwei Blättchen entfaltet hat. Bei den weiter fortgeschrittenen Trieben ist der prozentuale Anteil der erfrorenen Triebe erheblich größer. So betrug bei 14 von insgesamt 19 beobachteten Versuchsgliedern der Versuchsreihe A—D der Anteil der erfrorenen Ein- und Zweiblattstadien weniger als 45 v. H. und nur bei 2 mehr als 60 v. H. Dagegen ist bei dem fortgeschrittenen Stadium mit fünf entfalteten Blättern der prozentuale Anteil der erfrorenen Triebe wesentlich erhöht. So wurde bei ebenfalls 14 von insgesamt 17 beobachteten Versuchsgliedern für die erfrorenen 5-Blatt-Stadien ein Anteil von über 60 v. H. errechnet. Bei 9 Versuchsgliedern liegt der Anteil der erfrorenen Fünfblattstadien sogar über 80 v. H. Das ist ein Prozentsatz, der bei den Ein- und Zweiblatt-Stadien nur von den hochgradig frostempfindlichen *Müller-Thurgau*-Trieben bei einem von vier Versuchen erreicht wurde. Die Entwicklungsstadien mit drei bzw. mit vier entfalteten Blättern liegen mit ihrem Anteil erfrorener Individuen zwischen den bereits näher beschriebenen

Ein- und Zwei-Blatt-Stadien und den Fünf-Blatt-Stadien. In der Regel (s. Abb. 2 und 3 sowie Abb. 4 und 5) ist der Anteil der erfrorenen Vier-Blatt-Stadien größer als jener der Drei-Blatt-Stadien.

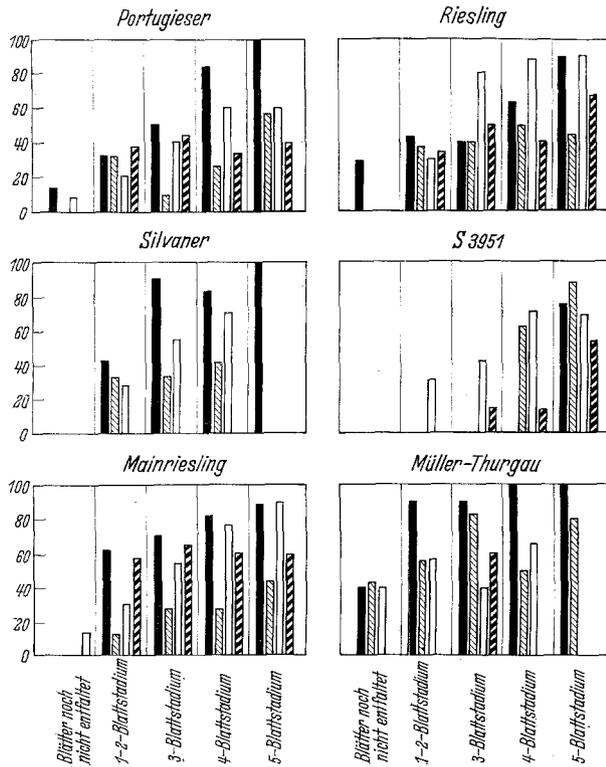


Abb. 2. Der Anteil der erfrorenen Triebe an der Gesamtzahl der in die Kühlkammer gebrachten Triebe bei verschiedenen frühen Entwicklungsstadien bei sechs Rebsorten. — Versuch: A bis D. — Angaben in v.H. —

**Versuch A** Temperatur bis  $-3^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte 85–95%  
**Versuch C** Temperatur bis  $-5^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte 60–70%  
**Versuch B** Temperatur bis  $-3^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte 60–70%  
**Versuch D** Temperatur bis  $-1^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte 85–95%

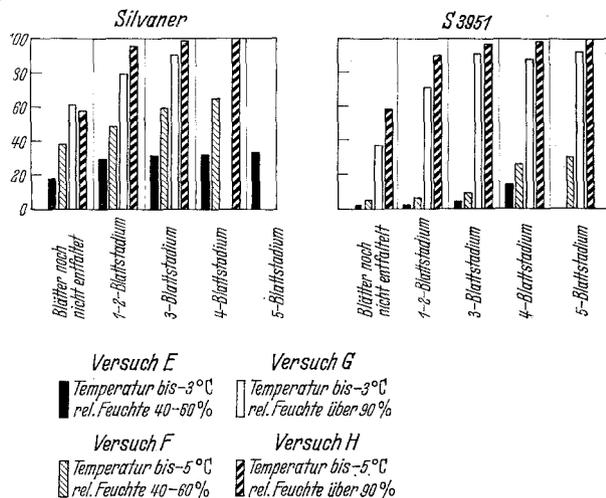


Abb. 3. Der Anteil der erfrorenen Triebe an der Gesamtzahl der in die Kühlkammer gebrachten Triebe bei verschiedenen frühen Entwicklungsstadien der Sorten Silvaner und S 3951. — Versuch E bis H. — Angaben in v.H. —

**Versuch E** Temperatur bis  $-3^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte 40–50%  
**Versuch G** Temperatur bis  $-3^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte über 90%  
**Versuch F** Temperatur bis  $-5^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte 40–50%  
**Versuch H** Temperatur bis  $-5^{\circ}\text{C}$  rel. Feuchte über 90%

Es sei bei diesen Versuchen ausdrücklich betont, daß nur das Frostverhalten der ganz frühen Entwicklungsstadien des Rebentriebes, d. h. von der aufbrechenden Knospe bis zum Fünf-Blatt-Stadium mit höchstens 4 qcm großen Blättern, untersucht wurde. Die Annahme, daß die Frostresistenz noch über das

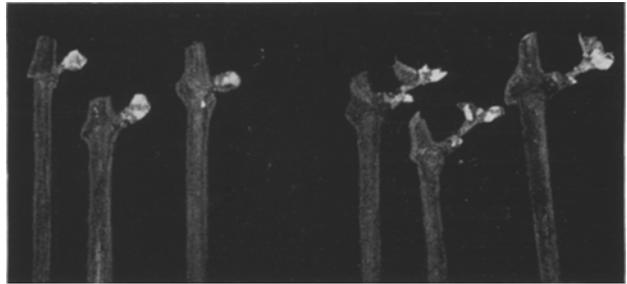


Abb. 4.



Abb. 5.

Abb. 4 und 5. Frühe Entwicklungsstadien der Rebsorte Müller-Thurgau 12 Stunden nach Ende des Versuchs A (Temperaturminimum  $-3^{\circ}\text{C}$ , rel. Feuchte 85–95%). Die Stadien, die erst ein Blatt entfaltet haben, sind weniger geschädigt als das Vier-Blatt-Stadium.

Fünfblattstadium hinaus abnimmt, ist daher ohne zusätzliche Untersuchungen nicht zulässig.

Der Gesamteindruck einer Abnahme der Frostresistenz der jungen Rebentriebe proportional dem Gang ihrer Entwicklung wird in der Versuchsreihe A—D (Abb. 2) durch einige Abweichungen bei bestimmten Entwicklungsstadien gestört. Bei der graphischen Darstellung der Versuchsergebnisse der Reihe E—H (Abb. 3) konnten Abweichungen dieser Art vermieden werden. Da in den einzelnen Versuchsgliedern der Reihe E—H die Individuenzahl gegenüber den Gliedern der Reihe A—D vervielfacht wurde, darf angenommen werden, daß diese Abweichungen in Abb. 2 ohne Bedeutung sind.

Die Ergebnisse der thermoelektrischen Messungen in Versuchsreihe I, wo anhand des sogenannten „Gefrierausschlags“ auf der Kurve des Sechsfarbenschreibers das Eintreten des Kältetodpunktes bei den untersuchten Rebentrieben bestimmt wurde, sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Interessant ist hier ein Vergleich der Kältetodpunkte bei den verschiedenen Entwicklungsstadien. Solange die jungen Rebentriebe ihre Blätter noch nicht entfaltet haben und die Triebchen etwa 8–15 mm lang sind, tritt bei allen untersuchten Sorten der Kältetod erst bei Temperaturen ein, die etwa um  $1^{\circ}\text{C}$  tiefer liegen als der Kältetodpunkt der Triebe mit ein bis zwei entfalteteten Blättern. Die Stadien mit drei bis vier entfalteteten Blättern erfroren zum Teil bei noch geringeren Minustemperaturen. In keinem Fall ertrugen die weiter entwickelten Stadien Temperaturen, die über dem Kältetodpunkt der jüngeren Stadien lagen. Damit wird das Ergebnis der Versuchsreihen A—H, wonach die Frosthärte der Frühstadien der jungen Rebentriebe mit fortschreitender Entwicklung abnimmt, bestätigt.

Abb. 6 gibt den Gehalt an löslicher Trockensubstanz in Prozent — gemessen mit dem Handzucker-

refraktometer — im Preßsaft abgetöteter junger Rebentriebe an, die unter Glas zum Austrieb gebracht und weiter kultiviert worden waren. Die vier einzelnen Diagramme dieses Schaubildes unterscheiden sich im Datum der Probeentnahme und zum Teil in der Rebsorte. Die verschiedenen Entwicklungsstadien eines einzelnen Diagramms wurden stets zur gleichen Zeit entnommen. Alle vier Diagramme der Abb. 6 deuten auch hier auf eine kontinuierliche Abnahme der Zellsaftkonzentration in den jungen Trieben während der frühen Stadien der Ontogenese hin.

Tabelle 2. Thermoelektrische Messung der Temperatur in ° Celsius des Kältepunktes bei verschiedenen Sorten und Entwicklungsstadien der Weinrebe (Versuch I).

Rebsorte	Blätter noch nicht entfaltet			1—2 entfaltete Blätter			3—4 entfaltete Blätter		
	n	M	m	n	M	m	n	M	m
<i>S 3951</i>	7	-4,9	±0,29	7	-3,8	±0,16	16	-3,8	±0,11
<i>Portugieser</i>	5	-4,9	±0,23	8	-4,2	±0,16	16	-2,8	±0,09
<i>Silvaner</i>	18	-4,4	±0,16	14	-4,0	±0,12	12	-3,9	±0,14
<i>Mainriesling</i>	12	-5,0	±0,14	7	-4,0	±0,16	1	-3,6	—
<i>Müllerrebe</i>	13	-4,0	±0,09	6	-3,3	±0,28	2	-3,3	—
<i>Müller-Thurgau</i>	13	-4,7	±0,18	3	-4,2	—	22	-3,9	±0,10
<i>Spätburgunder</i>	5	-4,8	±0,17	7	-4,1	±0,11	—	—	—
<i>Riesling</i>	9	-5,2	±0,22	6	-4,7	±0,09	12	-3,9	±0,10
<i>Schwarzelbling</i>	30	-5,0	±0,02	—	—	—	14	-3,7	±0,13

vorliegenden Falle ist eine Enthärtung infolge zunehmender Erwärmung anzunehmen.

Abb. 7 zeigt ebenfalls Gehalte an löslicher Trockensubstanz (Refraktometerwerte in %) im Preßsaft junger Rebentriebe bei verschiedenen Frühstadien der Ontogenese. Das Untersuchungsmaterial wurde hier jedoch an weinbergsmäßig ausgepflanzten Rebstöcken im Freiland entnommen. Eine Abnahme der Konzentration der löslichen Trockensubstanz (Refraktometerwerte) während der Frühstadien der Ontogenese konnte bei diesen Untersuchungen nicht eindeutig festgestellt werden. Dies geht wohl auf Änderungen der Hydratur der untersuchten Reben infolge der in dieser Jahreszeit sehr wechselnden meteorologischen Bedingungen zurück. Nach unseren Beobachtungen erfolgen derartige Hydraturänderungen bei der Rebe sehr kurzfristig.

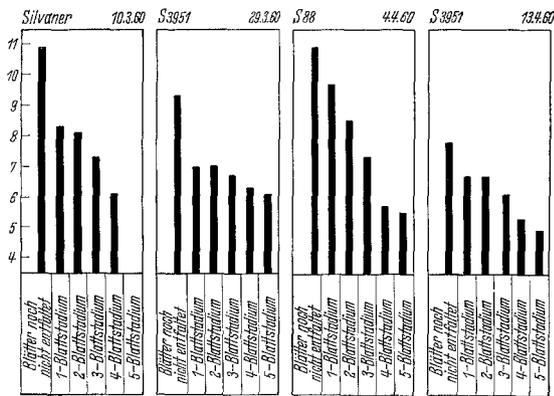


Abb. 6. Gehalt an löslicher Trockensubstanz im Preßsaft abgetöteter junger Rebentriebe bei verschiedenen Entwicklungsstadien. Untersuchungsmaterial an unter Glas ausgetriebenen Zweigenstufen entnommen. Messungen mit dem Handzuckerrefraktometer. Angaben in Zuckerprozentgehalten.

Der bestimmende Einfluß der Luftfeuchtigkeit

Bei den Versuchen der Reihe A—D und der Reihe E—H wurde die Frosteinwirkung auf dem jungen Rebentrieb bei feuchter Luft (über 85% rel. Feuchte) und bei trockener Luft (60—70 bzw. 40—60%) beobachtet. Aus den Abb. 2 und 3 geht eindeutig hervor, daß der junge Rebentrieb bei trockener Luft wesentlich tiefere Kältegrade zu ertragen vermag als bei feuchter Luft. Die Ergebnisse der Versuchsreihe E—H, die mit relativ großen Individuenzahlen erarbeitet wurden, sind hier besonders instruktiv. So waren bei einer relativen Feuchte von unter 60% und einer Minimumtemperatur von -3°C bei *Silvaner* noch nicht ein Drittel der Triebe im relativ frostanfälligen Vier-Blatt-Stadium erfroren (Versuch E, s. auch Abb. 8 und 9). Bei gleicher Feuchte und einer Minimumtemperatur von sogar -5°C erfroren etwa zwei Drittel der Triebe des gleichen Stadiums. In feuchter Luft (üb. 85%) dagegen erfroren bei -3° bzw. -5°C neun Zehntel und mehr der *Silvaner*-Triebe bereits im Drei-Blatt-Stadium. Noch überzeugender ist der bestimmende Einfluß der Luftfeuchte auf die relative Frostresistenz junger Rebentriebe beim Verhalten des Sämlings *S 3951* zu erkennen. In trockener Luft und bei Minimumtemperaturen von -3° bzw. -5°C gingen nur 14 Triebe mit vier entfalteten Blättern zugrunde; das sind 26 v. H. der Gesamtzahl. In feuchter Luft waren es bei der gleichen Temperatur 87 bzw. 99 v. H. Die Frostanfälligkeit des jungen Rebentriebes bei nahezu dampfgesättigter Luft kann somit ein Vielfaches von jener bei einer relativen Feuchte von unter 60% betragen.

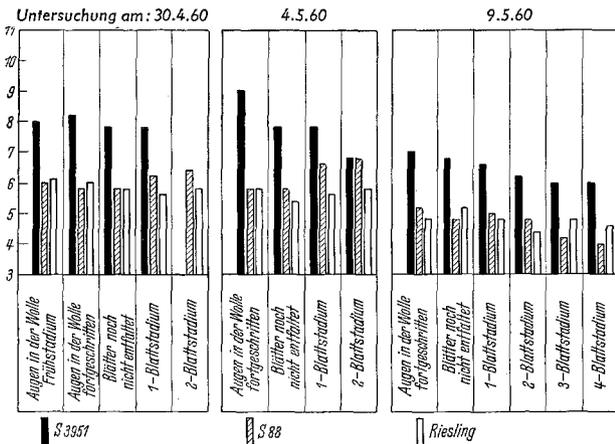


Abb. 7. Gehalt an löslicher Trockensubstanz im Preßsaft abgetöteter junger Rebentriebe bei verschiedenen Entwicklungsstadien. Untersuchungsmaterial an Rebstöcken im Freiland entnommen. Messung mit dem Handzuckerrefraktometer. Angaben in Zuckerprozentgehalten.

Da in den vorstehend mitgeteilten Versuchsergebnissen über eine Abnahme der Frosthärte der unter Glas herangezogenen jungen Rebentriebe bei fortschreitender Entwicklung berichtet werden konnte, liegt ein Zusammenhang von Frosthärte und Zellsaftkonzentration sehr nahe. Die allgemein niedrigeren Refraktometerwerte des Sämlings *S 3951* bei der Probeentnahme am 13. 4. gegenüber jener am 29. 3. 1960 gehen sicherlich auf den modifizierenden Einfluß der exogenen Faktoren zurück, die sich bei einer Kultur unter Glas nicht ganz kontrollieren lassen. Im

Auch die Versuche der Reihe A—D bestätigen die frostverschärfende Wirkung hoher Luftfeuchten. Bei den Versuchen A und B, die bei gleichen Minimumtemperaturen ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) und bei verschiedener Luftfeuchtigkeit liefen, ist das Ergebnis eindeutig: wesentlich mehr erfrorene Triebe aller Stadien in feuchter Umgebung. Bei den Versuchen C und D ist interessant, daß bei den Sorten *Mainriesling* und *Portugieser* bei den ganz frühen Entwicklungsstadien in trockener Umgebung bei einer Minimumtemperatur von  $-5^{\circ}\text{C}$  weniger Triebe erfroren als bei  $-1^{\circ}\text{C}$  in feuchtem Milieu.

Zwangsläufig wird auch die Frostresistenz der einzelnen Entwicklungsstadien durch die Luftfeuchte beeinflusst. Beispielsweise kann bei dampfgesättigter Luft und  $-3^{\circ}\text{C}$  Minimumtemperatur schon im Fünfblatt-Stadium der Triebe mit einem totalen Frostschaden gerechnet werden. Dagegen wird in relativ trockener Luft (unter 70% rel. Feuchte) und ebenfalls  $-3^{\circ}\text{C}$  der Zustand des totalen Frostschadens auch bei weiter fortgeschrittenen Entwicklungsstadien möglicherweise überhaupt nicht eintreten (s. auch Abb. 3).

#### Sortenunterschiede in der Frostresistenz gleicher Entwicklungsstadien

Bei sämtlichen Versuchen konnte ein sortenverschiedenes Verhalten der Triebe des gleichen ontogenetischen Stadiums gegenüber den Frosteinwirkungen beobachtet werden; siehe Abb. 2 und 3 sowie Tab. 2 und 3. Durch das Phänomen der Unterkühlung der jungen Zellen unter ihren Gefrierpunkt können jedoch Frostresistenzigenschaften vorgetäuscht werden, die gar nicht vorhanden sind (29, 33). Bei hoher Luftfeuchtigkeit oder gar bei Dampfsättigung wird die Unterkühlungsfähigkeit des Pflanzengewebes stark herabgesetzt oder durch die mögliche Bildung von „Impfkristallen“ ganz aufgehoben. Daher ist nur bei hohen Luftfeuchten eine Beurteilung der Sortenunterschiede in der Frostresistenz möglich. Eine genauere Betrachtung der Abb. 2 und 3 (Versuch A, D, G und H) sowie der Tab. 2 und 3 ergibt nur graduelle, jedoch deutlich wahrnehmbare Unterschiede in der Frostresistenz der untersuchten Sorten. Nach Versuch A nimmt die Frostresistenz der untersuchten Sorten in folgender Reihenfolge ab: *Riesling*, *Portugieser*, *Silvaner*, *Mainriesling*, *Müller-Thurgau*. Für Versuch D gilt folgende Reihenfolge: *S 3951*, *Portugieser*, *Riesling*, *Mainriesling*, *S 3951*, *Riesling*

Tabelle 3. Verhalten junger Rebentriebe mit 1—4 entfalteten Blättern\* bei konstanter Frosteinwirkung.

Versuchsdauer	Temperatur	Rebsorte	Anzahl der Testpflanzen	Anzahl der total oder fast total erfrorenen Pflanzen	prozentualer Anteil der erfrorenen Pflanzen der Sorte
6 Std.	$1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>S 3951</i>	5	—	—
6 Std.	$1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>Müller-Th.</i>	5	—	—
6 Std.	$1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>Riesling</i>	5	—	—
6 Std.	$1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>Silvaner</i>	5	—	—
6 Std.	$1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>Müllerrebe</i>	5	—	—
6 Std.	$1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>S 88</i>	5	—	—
2 Std.	$3 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>S 3951</i>	30	14	46,7
2 Std.	$3 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>Müller-Th.</i>	21	11	52,4
2 Std.	$3 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>Mainriesl.</i>	23	15	65,2
2 Std.	$3 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	<i>S 88</i>	16	13	81,3

\* Eine abnehmende Frostresistenz mit fortschreitender Entwicklung konnte wegen der geringen Zahl der Testpflanzen nicht eindeutig festgestellt werden.



Abb. 8.



Abb. 9.

Abb. 8 und 9. Frostverschärfende Wirkung hoher Luftfeuchten bei jungen *Silvaner*-Trieben. Vergleich von Versuch E und F 12 Stunden nach Versuchsende.

und *Portugieser* dürften somit gegenüber Spätfrosten um eine Nuance härter sein als *Müller-Thurgau*, *Mainriesling* und *Silvaner*. Dieser Befund wird für die Rebsorten *S 3951* und *Silvaner* durch die an größeren Individuenzahlen erarbeiteten Ergebnisse der Versuche G und H bestätigt.

Auch die thermoelektrischen Messungen, Versuchsreihe I (Tab. 2), lassen Sortenunterschiede erkennen, die sich mit den obengenannten Befunden koordinieren lassen. So tritt auch hier bei *Silvaner* und *Müller-Thurgau* der Kältetod früher ein als bei *Riesling*. Der *S 3951* zeigt jedoch hier keinerlei Überlegenheit in der Frosthärte. Die *Müllerrebe* ist offensichtlich sehr wenig spätfrostresistent.

Bei Versuch J (Tab. 3) konnten bei konstanter Frosteinwirkung ebenfalls sortenverschiedene Schäden festgestellt werden. Die Individuenzahlen waren hier jedoch sehr klein bemessen. Interessant ist, daß bei Einwirkung eines sechsständigen Frostes von  $-1^{\circ}\text{C}$  keinerlei Schaden entstand. Hätte man die Luftfeuchtigkeit auf über 90% erhöht, so wäre dieser Eindruck wohl weniger günstig.

Die Diagramme von Abb. 6 sind für die Beurteilung von Sortenunterschieden ungeeignet, da das Material bei den einzelnen Sorten an verschiedenen Tagen gewonnen wurde und somit die Refraktometerwerte untereinander nicht vergleichbar sind. Die Abb. 7 dagegen ist hinsichtlich der Sorten-

unterschiede in der Zellsaftkonzentration sehr aufschlußreich. An allen fünf Tagen, an welchen Refraktometerwerte ermittelt wurden, zeigte sich in allen Entwicklungsstadien eine deutliche Überlegenheit des S 3951 gegenüber den Sorten *Riesling* und Sämling S 88. Diese Beobachtung ergänzt das Ergebnis der Versuche D, G und H, wo ebenfalls eine größere Frosthärte des Sämlings S 3951 ermittelt wurde.

#### IV. Besprechung der Ergebnisse

Unter Frostresistenz wird nach LEVITT (21) jene Temperatur unter 0°C verstanden, welche die Pflanze gerade noch lebend übersteht. Im Gegensatz zu den meisten tropischen Gewächsen, die sich schon bei Temperaturen über 0°C „erkälten“ (39), ist bei dem Erfrieren junger Rebentriebe eine echte Frosteinwirkung mit Temperaturen unter 0°C zu beobachten. Der Frosttod der lebenden Zelle ist nach heutiger Auffassung auf inter- und intrazelluläre Eisbildung zurückzuführen. Durch den mechanischen Druck der Eiskristalle und die irreversible Entquellung der Kolloidsysteme infolge Wasserentzugs durch Eisbildung wird die Feinstruktur des Plasmas zerstört (6, 9, 23, 28, 31, 35). Frostharte Pflanzen zeichnen sich in abgehärtetem Zustand, wie z. B. während der Winterruhe, gegenüber weniger frostresistenten Varietäten der gleichen Art meist durch höhere Gehalte an gelöster Trockensubstanz aus; d. h. die Refraktometerwerte und die osmotischen Werte sind erhöht (s. S. 16). So bedeutet nach FUCHS (9) die Abhärtung des Wintergetreides oder der Kleearten während der Wintermonate, stoffwechselphysiologisch betrachtet, daß der aufbauende Stoffwechsel (Stärkebildung) stärker verlangsamt wird als der abbauende (Stärkeabbau in Zuckerarten). Zahlreiche Autoren berichten über erhöhte Zuckergehalte während der Abhärtung (1, 5, 8, 11, 14, 20, 24, 30).

Kolloidchemisch betrachtet, bewirkt der Prozeß der Abhärtung eine Dehydratation der Kolloide (9). Dies bedeutet ebenfalls eine Entquellung des Plasmas, womit zugleich seine Hydratur herab- und seine wasserbindende Kraft heraufgesetzt wird. Die Viskosität des Plasmas wird erhöht (9, 15, 26). PARKER (26) konnte bei verschiedenen *Pinus*-Arten nachweisen, daß der Vakuoleninhalt im Spätherbst vom Sol- in den Gelzustand überging und daß bei beginnender Erwärmung von Januar bis März dieser Vorgang in umgekehrter Richtung als „gel-sol-transition“ verlief. Es darf als wahrscheinlich angenommen werden, daß die hier erwähnten kolloidchemischen Veränderungen im meristematischen Gewebe, die durch eine Bestimmung der Zellsaftkonzentration nicht erfaßt werden, auch bei der Abnahme der Frostresistenz der Frühstadien in der Ontogenese des Rebentriebes von Bedeutung sind.

Nach den neueren Untersuchungen von HEBER (11, 12) und JEREMIAS (14) kommt den Monosacchariden unter den Zuckern und den löslichen Proteinen eine besondere frostschtzende Wirkung zu; vgl. auch SIMINOVITCH and BRIGGS (4, 30). Niedere Zucker und lösliche Proteine erhöhen ihren Anteil im abgehärteten Plasma. Beide wirken nach HEBER (12) über einen molekularen Mechanismus. Bei fortschreitender Entquellung des Plasmas infolge Frosteinwirkung bauen sie ihre eigenen festgebundenen Hydratanteile in die immer stärker dehydratisierten

frostempfindlichen Proteine ein und schützen sie so vor weiterer tödlicher Entwässerung.

#### Frostverhalten verschiedener Entwicklungsstadien

Bei der Rebe ist der aufbauende Stoffwechsel mit dem herbstlichen Laubfall beendet. Die Reservestoffe werden als Stärke in den Markstrahlen eingelagert und beim Austrieb im Frühjahr in löslicher Form, d. h. wohl vorwiegend als Zucker, freigesetzt. Die Frühstadien in der Ontogenese der jungen Rebentriebe verfügen so über ein großes Angebot an gelöster Trockensubstanz, das sich in einer Erhöhung der Zellsaftkonzentration unmittelbar bemerkbar macht. Diese gelösten Reservestoffe werden jedoch beim weiteren Aufbau des Rebentriebes rasch verbraucht, wobei einer Neubildung von Assimilaten in diesen frühen Entwicklungsstadien keine große Bedeutung beizumessen ist. Der Gehalt an gelöster Trockensubstanz und damit auch die Frosthärte muß also mit fortschreitender Entwicklung der Triebe rasch abnehmen. Die Möglichkeit einer späteren Zunahme der Frostresistenz bei größeren oder nahezu ausgewachsenen Blättern — etwa quantitative oder qualitative Veränderungen des Zellsaftes infolge intensiver Assimilation — ist bei den hier mitgeteilten Versuchsergebnissen durchaus denkbar. So wurde von MÜLLER (25), der sämtliche Entwicklungsstadien des Rebentriebes bis zur beginnenden Verholzung, jedoch ohne die hier gewählte feine Unterscheidung bei den Frühstadien untersuchte, bei den fast ausgewachsenen Blättern eine größere Frosthärte festgestellt.

#### Frostverhalten

##### bei verschiedenen Luftfeuchtegehalten

Bei der großen Bedeutung, die der Hydratur des Plasmas und der Konzentration des Zellsaftes für die jeweilige Frostresistenz beigemessen werden kann, ist es wohl verständlich, daß trockene Luft, also eine Umgebung mit hohem Sättigungsdefizit, den Pflanzen Wasser entzieht und somit deren Frostresistenz günstig beeinflusst. Nach Beobachtungen im Freiland, insbesondere in den Jahren 1957 und 1959, tritt bei hoher Luftfeuchtigkeit oder bei vorhergegangenen Niederschlägen eine wesentliche Frostverschärfung ein, wogegen bei trockener Luft außergewöhnliche tiefe Temperaturen ertragen werden (22,27). Bei den Versuchsreihen A—D und E—H wurden jedoch sämtliche Testpflanzen bis unmittelbar vor Versuchsbeginn unter absolut gleichen Bedingungen gehalten. Die Testpflanzen wurden nur während des Versuchs unterschiedlichen Luftfeuchten ausgesetzt, so daß bei Versuchsbeginn keine wesentlichen Unterschiede in der Hydratur der „trocken gefrorenen“ gegenüber den „feucht gefrorenen“ Pflanzen angenommen werden können. Nach den Untersuchungen von ULLRICH und MÄDE (36) wird die Eiskristallisation im lebenden Pflanzengewebe durch Initialenbildung an den Wänden der Interzellularräume ausgelöst. ULLRICH und MÄDE berufen sich hierbei auf Mitteilungen anderer Autoren (13, 34), wonach an den Wänden der Interzellularräume, zumindest aber an den Mizellarlücken Dampfsättigung herrscht. Bei einer Luftfeuchte, die nahezu den Taupunkt erreicht, könnten sich infolge der geringen Dampfdruckdifferenz zur Umgebung an

den Interzellularwänden leicht so viel Wassermoleküle ansammeln, daß eine Initialenbildung zustande kommt. Bei trockener Luft besteht jedoch eine erhebliche Dampfdruckdifferenz zwischen der Zone unmittelbar an der Wand der Interzellularen und ihrer Umgebung. Es werden ständig Wassermoleküle von den Interzellularwänden weggerissen und eine Initialenbildung wird zumindest stark verzögert. Je trockener die Luft, um so stärker kann die Rebe unterkühlt werden. Diese Beobachtung ist für die Praxis der Frostschutzberechnung nicht unerheblich. So wäre es denkbar, daß unter Ausnutzung der Unterkühlungsfähigkeit der Rebe bei hohem Sättigungsdefizit die Berechnungsanlage nicht inangegesetzt zu werden braucht. Bisher hatte man bei hohem Sättigungsdefizit eine Einschaltung der Berechnung schon bei Temperaturen über 0 °C empfohlen, um die zusätzlich abkühlende Wirkung des verdunstenden Regenwassers und die wegen der Strahlungsverluste unter die Lufttemperatur absinkende Blattertemperatur zu berücksichtigen. Eine Wiederholung ähnlicher Versuche bei gleichmäßig abgestuften Feuchtegehalten der Luft und eventuell auch weiter fortgeschrittenen Entwicklungsstadien wäre zur Klärung dieser Fragen von großem Wert.

#### Sortenunterschiede in der Spätfrostresistenz gleicher Entwicklungsstadien

Unterschiedliche Auswirkungen der Spätfröste beim Vergleich einzelner Rebsorten sind allgemein bekannt. ZAHN (40) untersuchte Spätfrostschäden im Freiland bei den Sorten *Silvaner*, *Riesling* und *Müller-Thurgau*. Nach seinen Aufzeichnungen sind die jungen *Müller-Thurgau*-Triebe stärker durch den Frost gefährdet als *Silvaner* und *Riesling*. Mit Recht wird die Frostanfälligkeit der einzelnen Rebsorten mit dem Datum ihres Austriebs und somit dem sich hieraus ergebenden Entwicklungsstadium während der Frosteinwirkung in Verbindung ge-

stadium und bei gleichen meteorologischen Bedingungen untersucht. Das „Austriebsdatum“ ist also bei allen Sorten gleich. Trotzdem zeigen die Versuchsergebnisse (Abb. 2, 3 und 7, sowie Tabelle 2 und 3) Sortenunterschiede in der Frostresistenz gleicher Entwicklungsstadien. Diese Erkenntnis ist für den Rebenzüchter sehr wichtig und eröffnet für die praktische Züchtungsarbeit gewisse Möglichkeiten. Bei der relativ guten Spätfrostresistenz des Sämlings *S 3951* ist interessant, daß der eine Elter, die Sorte *Müller-Thurgau*, gegenüber Spätfrösten sehr empfindlich ist, während der andere Elter, die Sorte *Gewürztraminer*, keineswegs als „maifrosthart“ gilt. Es könnte hier ein Fall von Transgression angenommen werden oder zumindest ein homozygoten Manifestwerden rezessiver Faktoren, die die Spätfrostresistenz günstig beeinflussen. Auf Grund der Preßsaftuntersuchungen, die einen erhöhten Gehalt an löslicher Trockensubstanz bei den frostharten Sorten ergaben, liegt es nahe, daß die beobachteten Sortenunterschiede in der Frostresistenz zumindest teilweise physiologisch bedingt sind. Im Freiland treten die hier untersuchten physiologisch begründeten Sortenunterschiede als zusätzlich wirksame Faktoren zu der allgemein bekannten Abhängigkeit von Spätfrostwirkung und Austriebsdatum hinzu. Bei dem Sämling *S 3951* bewirken die gegenüber anderen Sorten erhöhten Trockensubstanzgehalte in den jungen Trieben und der spätere Austrieb zusammen eine relativ gute Spätfrostresistenz. Bei der Sorte *Müller-Thurgau* ist es umgekehrt; hier addieren sich niedriger Trockensubstanzgehalt und früherer Austrieb in ihrer Wirkung, wobei sich eine relativ erhöhte Frostanfälligkeit ergibt. Bei *Portugieser*, der nach der allgemeinen Erfahrung wenig „maifrosthart“ ist, dürfte durch den frühen Austrieb die hier in der Kühlkammer beobachtete relativ gute Frostresistenz völlig aufgehoben werden. Das Frostverhalten des Sämlings *S 3951* wird sicherlich auch durch das Ver-

Tabelle 4. Phänologische Beobachtungen an verschiedenen Rebensorten im Jahre 1960.

Gemarkung + Lage Rebsorte	Veitshöchheimer Wölflein			Stettener Berg					
	<i>Riesl.</i>	<i>Silv.</i>	<i>Müller.-Th.</i>	<i>Riesl.</i>	<i>Silv.</i>	<i>Müller.-Th.</i>	<i>Port.</i>	<i>S 28—30</i>	<i>S 3951</i>
Schwellen der Augen	7. 4.	7. 4.	6. 4.	14. 4.	12. 4.	10. 4.	8. 4.	11. 4.	14. 4.
Austrieb (25% der Triebe 2—3 cm lang)	24. 4.	24. 4.	22. 4.	29. 4.	25. 4.	28. 4.	22. 4.	19. 4.	30. 4.
Ergrünen der Weinberge (Belaubung aus der Ferne zu erkennen)	10. 5.	9. 5.	8. 5.	10. 5.	7. 5.	8. 5.	30. 4.	2. 5.	10.5

Die Beobachtungen in Veitshöchheim wurden durch die Biologische Abteilung der Bayer. Landesanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau, Veitshöchheim, und die in Stetten durch das Landwirtschaftsamt Arnstein durchgeführt.

bracht (40, 41). So ist aus den in Tabelle 4 mitgeteilten phänologischen Beobachtungen zu ersehen, daß bei den als spätfrostanfällig bekannten Sorten *Müller-Thurgau*, *Portugieser* und *S 28—30* die Augen einige Tage früher schwellen und der Austrieb früher einsetzt als bei *Riesling* und *Silvaner*. Dagegen ist der Austrieb bei der relativ frostharten Sorte *S 3951* gegenüber *Portugieser* und *S 28—30* stark verzögert. Auch der verschiedentlich berichtete Einfluß der Unterlage auf die Spätfrostresistenz des Edelreises — Literaturhinweise bei BRÜCKBAUER (3) — dürfte mit dem Austriebsdatum in Zusammenhang stehen.

In den vorliegenden Versuchen wurden nun verschiedene Rebsorten bei gleichem Entwicklungs-

hältnis von Masse:Oberfläche bei den jungen Trieben günstig beeinflusst. So ist das Stadium „Blätter noch nicht entfaltet“ bei dieser Sorte etwa 8—10 mm, bei der weit anfälligeren Sorte *Silvaner* jedoch etwa 10—15 mm lang. Das Stadium „Vier Blätter entfaltet“ ist bei beiden Sorten gleich lang, jedoch sind die Blattspreiten bei *S 3951* sehr viel kleiner als bei *Silvaner* oder gar *Müller-Thurgau*.

#### V. Zusammenfassung

Das Verhalten früher Entwicklungsstadien junger Rebenriebe in der Kühlkammer bei verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsgehalten der Luft wurde untersucht. Im einzelnen ergab sich, daß der

junge Rebentrieb, der schon die schützenden Wollhaare verlassen hat, mit zunehmender Entwicklung frostempfindlicher wird. Die Schädigung des Frostes wird bei hoher Luftfeuchtigkeit sehr verschärft, während bei einem hohen Sättigungsdefizit überraschend starke Unterkühlungen schadlos ertragen werden. Sortenunterschiede in der Frostresistenz bei gleichen Entwicklungsstadien wurden nachgewiesen. Diese Untersuchungsbefunde konnten durch thermoelektrische Messungen an den Reben in der Kühlkammer sowie durch Ermittlung der löslichen Trockensubstanzgehalte junger Rebentriebe größtenteils bestätigt werden. In der Diskussion werden mögliche Berührungspunkte mit der Frostschutzberegnung und der Rebenzüchtung angedeutet.

#### Literatur

1. ÅKERMAN, Å.: Studien über den Kältetod der Pflanzen, Lund (1927). — 2. ALLEWELDT, G., und G. GEISLER: Untersuchungen über die Zellsaftkonzentration bei Reben. *Vitis* 1, 181—196 (1958). — 3. BRÜCKBAUER, H.: Betrachtungen über den Kältetod der Reben. *D. Weinwirtschaft* 10, 51—64 (1956). — 4. BRIGGS, D. R., and D. SIMINOVITCH: The Chemistry of the Living Bark of the Black Locust Tree in Relation to Frost Hardiness. II. Seasonal Variations in the Electrophoresis Patterns of the Watersoluble Proteins of the Bark. *Arch. Biochem.* 23, 18—28 (1949). — 5. BULA, R. J., and D. SMITH: Cold Resistance and Chemical Composition in Overwintering Alfalfa. *Agr. Journ.* 46, 397—401 (1954). — 6. CHAMBERS, R., and H. P. HALE: The formation of ice in protoplasm. *Proc. Royal Soc. of London* CX B, 336—352 (1932). — 7. FUCHS, W.: Weiteres zur Bestimmung der Kälteresistenz des Winterweizens durch indirekte Methoden. *Arch. f. Landw., Abt. Pflanzenbau* 3, 692—722 (1930). — 8. FUCHS, W.: Die Veränderungen der Struktur der Zelle bei Abkühlung. *Kühn-Archiv* 39, 1—40 (1935). — 9. FUCHS, W., und K. v. ROSENSTIEL: Physiologische Resistenz. *Handbuch d. Pflanzenzüchtung*, hg. v. Th. Roemer und W. Rudolf, 1. Auflage, Verl. P. Parey, Berlin, 5, 265—297 (1941). — 10. GASSNER, G., und G. GOETZE: Zur Frage der Frosthärtebestimmung durch refraktometrische Untersuchungen von Pflanzenpreßsäften. *Phytopath. Zeitsch.* 4, 387—413 (1932). — 11. HEBER, U.: Ursachen der Frostresistenz bei Winterweizen. I. Mitteilung: Die Bedeutung der Zucker für die Frostresistenz. *Planta* 52, 144—172 (1958). — 12. HEBER, U.: Ursachen der Frostresistenz bei Winterweizen. III. Mitteilung: Die Bedeutung von Proteinen für die Frostresistenz. *Planta* 54, 34—67 (1959). — 13. HERTEL, W.: *Zit. nch.* ULLRICH, H. und U. HEBER (s. unter 37). — 14. JEREMIAS, K.: Über den Jahresgang einiger Zucker in den Blättern von *Hedera helix* L. *Planta* 52, 195—205 (1958). — 15. KESSLER, W.: Über die inneren Ursachen der Kälteresistenz der Pflanzen. *Planta* 24, 312—352 (1935). — 16. KREBB, K.: Untersuchungen über die Hydratur einiger Kulturpflanzen. *Ber. d. Dt. Botan. Ges.* LXVIII, 71—86 (1955). — 17. KREBB, K.: Hydratur und Ertrag. *Ber. d. Dt. Bot. Ges.* LXX, 121—136 (1957). — 18. KUCKUCK, H., und A. MUDRA: *Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung*. Hirzel-Verlag, Stuttgart (1950). — 19. LEVITT, J.: The Role of Cell Sap Concentration in Frost Hardiness. *Plant. Physiol.* 32, 237—239 (1957). — 20. LEVITT, J.: Effects of Artificial Increases in Sugar Content on Frost Hardiness. *Plant Physiol.* 33, 401—402 (1958). — 21. LEVITT, J.: Frost, Drought and Heat Resistance. *Protoplasmatologia* 8, 1—87 (1958). — 22. LINSSENMAIER, O.: Ausmaß der Frostschäden 1959 und Erfolg der Bekämpfung im württemberg. Weinbaugebiet. *Mitt. d. Informationsst. Frostschutz Hohenheim* 5, 6—13 (1959). — 23. MODLIBOWSKA, I., and W. S. ROGERS: Freezing of Plant Tissues under the Microscope. *Journ. Exp. Botany* 6, 384—391 (1955). — 24. MUDRA, A.: *Zit. nch.* Fuchs, W. (s. unter Nr. 8). — 25. MÜLLER, K.: Bericht über die am Institut f. Pflanzenb. und Pflanzenzüchtung der Landw. Hochschule Hohenheim durchgeführten Abkühl- u. Frostschutzversuche mit Reben im Kühlraum. *Mitt. d. Informationsstelle Frostschutz Hohenheim* 5, 33—37 (1959). — 26. PARKER, J.: Sol-Gel Transition in the Living Cells of Conifers and their Relation to Resistance to Cold. *Nature* 182, 1815 (1958). — 27. PRIMAULT, B.: Les Gels du Mois d'Avril 1959 en Suisse et le Rôle de l'Humidité de l'Air dans la Lutte contre le Gel. *Mitt. d. Informationsstelle Frostschutz Hohenheim* 5, 13—20 (1959). — 28. SCARTH, G. W., and J. LEVITT: The Frost-hardening Mechanism of Plant Cells. *Plant Physiol.* 12, 51—78 (1957). — 29. SCHMID, K.: Über Frostempfindlichkeit und Ausspflanzungstermin von Tabak. *D. Dt. Tabakbau* 10, 57—58 (1959). — 30. SIMINOVITCH, D., and D. R. BRIGGS: The Chemistry of the Living Bark of Locust Tree in Relation to Frost Hardiness. I. Seasonal Variations in Protein Content. *Arch. Biochem.* 23, 8—17 (1949). — 31. SIMINOVITCH, D., and G. W. SCARTH: A Study of the Mechanism of Frost Injury to Plants. *Canad. Journ. of Research* 16 C, 467—481 (1938). — 32. SLAVIK, B.: The Relation of the Refractive Index of Plant Cell Sap to its Osmotic Pressure. *Biol. Plantarum (Prag)* 1, 48—53 (1959). — 33. STELZNER, G.: Künstliche Selektionsmethoden zur Züchtung frostharter Kartoffeln. *D. Züchter* 10, 271—275 (1938). — 34. STRUGGER, S.: Die lumineszenzmikroskopische Analyse des Transpirationsstromes in Parenchymen. *Flora* 133, 56—68 (1938). — 35. ULLRICH, H.: Biologische Kältewirkungen und plasmatische Frostresistenz. *Protoplasma* 38, 165—183 (1943). — 36. ULLRICH, H., und A. MÄDE: Studien über die Ursachen der Frostresistenz. 2. Untersuchungen über den Temperaturverlauf beim Gefrieren von Blättern und Vergleichsobjekten. *Planta* 31, 251—261 (1940). — 37. ULLRICH, H., und U. HEBER: Über die Schutzwirkung der Zucker bei der Frostresistenz von Winterweizen. *Planta* 48, 724—728 (1957). — 38. WALTER, H.: Die kryoskopische Bestimmung des osmotischen Wertes bei Pflanzen. *Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden*, Abt. 11, Teil 4, 2 (1931). — 39. WALTER, H.: *Grundlagen der Pflanzenverbreitung*, Teil I. Verl. Ulmer, Stuttgart (1949). — 40. ZAHN, H.: Untersuchungen über Spätfrostschäden an der Rebe. *Gartenbauwissenschaft* 4, 553—618 (1931). — 41. ZILLIG, H.: Witterung und Auftreten von Rebenfeinden in den deutschen Weinbaugebieten im Jahre 1938. *Wein und Rebe* 21, 155—157 (1939).