© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Winterfrostschäden in den Parks und Gärten von Arco und Riva am Gardasee

Von Walter Larcher, Innsbruck

Mit 22 Abbildungen im Text und auf Tafel XIV, XV, XVI und XVII.

Überall wo am Südfuß der Alpen große Seebecken sich zur Poebene hin öffnen, sonst aber von Bergketten und Höhenrücken eingefaßt sind, wo also eine Gebirgsbarriere den rauhen Nordwind abfängt, haben sich im Schutze milder Seeluft viele kälteempfindliche Gewächse ansiedeln lassen, die in der Poebene ebenso fehlen wie in den Alpentälern und die uns erst an den Gestaden des Mittelmeeres wieder begegnen.

Der temperierende Einfluß der ausgedehnten Wasserfläche macht sich besonders am Gardasee weit nach Norden bemerkbar — über das Talbecken zwischen Riva und Torbole bis Arco und ein Stück weit dem Unterlauf des Sarcaflusses folgend bis Dro, wo unter steil aufragenden Felswänden noch ertragreiche Ölgärten die nach Süden abfallenden Lehnen versilbern. Einzelne Ölbäume findet man sogar weiter nördlich, in Vezzano, und üppige Bestände der etwas weniger kälteempfindlichen immergrünen Steineiche im Gefels um den Toblinosee.

So wird denn auch das Talbecken an der Sarcamündung wegen seines Schonklimas seit altersher von Kranken und Erholungsuchenden geschätzt, und das Städtchen Arco im windstillen nördlichen Winkel dieses Beckens hat sich bereits im letzten Jahrhundert konsequent zu einem Luftkurort entwickelt. Einen entscheidenden Anstoß zu dieser Entwicklung gab Erzherzog Albrecht von Österreich, der sich hier 1872/73 ein Landhaus bauen ließ. Eine Anzahl Adeliger und Wohlhabender folgte nach, und es entstand südwestlich der Altstadt von Arco ein Villenbezirk. Die Kurgäste — der Erzherzog voran — umgaben ihre Wohnstätten mit Parks und Gärten und überboten sich in der Ausstattung ihrer Arboreten mit ornamentalen und z. T. seltenen Holzpflanzen. Obwohl ein erheblicher Teil des erzherzoglichen Parks um 1950 gerodet und verbaut worden ist, haben doch ein Rest dieses Parkes und die meisten übrigen Anlagen die beiden Kriege recht gut überstanden.

Die Mehrzahl der angepflanzten Arten sind immergrüne Bäume, Sträucher und Schlingpflanzen, von denen viele so kälteempfindlich sind, daß sie im Alpengebiet und nördlich der Alpen im Freien nicht überwintern. Ihre Heimat sind die Küsten des Mittelmeeres, die der japanischen Inseln, Südwest-Australiens, Kaliforniens, Floridas oder die warmgemäßigten und subtropischen Zonen in Ostasien, Afrika und Südamerika. Den normalen Winter überdauern sie alle unbehelligt. Sie erleiden aber je nach Art, Entwicklungszustand, Lage, Exposition und Pflege regel-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

mäßig Frostschäden von charakteristischem Ausmaß in extrem kalten Wintern. Dann bietet sich in Arco und Riva ein großräumiges Naturexperiment, dessen Auswertung stets neues Material zur Kenntnis der Frostempfindlichkeit der Arten, des Erscheinungsbildes der Kälteschäden, der Frostschadenverheilung und des Regenerationsvermögens dieser Pflanzen erbringt.

1. Das Winterklima im nördlichen Gardaseegebiet

1.1 Der normale Winter

Arco besitzt seit 1855, Riva seit 1869/70 (CRAVERI 1875, SARTORI 1954) eine meteorologische Beobachtungsstation. Wenn auch die Aufzeichnungen der beiden Observatorien Unterbrechungen erlitten haben und die Stationen mehrmals ihren Aufstellungsort gewechselt haben, so liegen doch genügend lange Beobachtungsreihen vor, um sich ein brauchbares Bild von den klimatischen Verhältnissen im Gebiet zu machen. Allerdings muß betont werden, daß die Instrumente in Arco in einem Turm 21 m über der Talsohle untergebracht sind. Ihre Aufzeichnungen dürfen also nur mit Vorsicht im Rahmen klimaökologischer Fragestellungen verwendet werden.

Der Winter in Arco (Tab. 1 u. 2) und Riva (Tab. 3) ist reich an heiteren Tagen und beständigen Schönwetterperioden und er ist mild: Im Durchschnitt über die 12jährige Periode 1950—1961[1] beträgt für die Wintermonate (Zeitraum Dezember bis Februar) das Mittel der Tagestemperatur (Vierermittel) in Arco +4,8° C, jenes der täglichen Höchsttemperatur +7,9° C, das mittlere tägliche Temperaturminimum +2,7° C und das Mittel der absoluten Winterminima —4° C. Auch im kältesten Monat erreicht das Tagesmaximum der Temperatur durchschnittlich an 24 Tagen Werte über +5° C, an 6 Tagen sogar solche über +10° C. Tage mit einem Maximum unter 0° C (Eistage) kommen höchst selten und keineswegs in jedem Winter vor. Im Durchschnitt bringt das Jahr in Arco 17,5 Frosttage, d. s. Tage, an denen das Temperaturmaximum über 0° C, das Temperaturminimum unter dem Eispunkt liegt. Davon entfallen auf die Monate Dezember bis Februar 16,9 Tage; an allen übrigen Tagen unterschreitet das Thermometer im Turm nicht die Nullgradmarke, ja an 17 % aller Tage des Winters (Januar: 7 %) bleibt das Temperaturminimum sogar bei +5° C oder darüber! Der Zeitraum, in dem

[1] Die Klimadaten verdanke ich der Kurverwaltung in Arco.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Fröste vorkommen, dauert durchschnittlich von Mitte Dezember bis Anfang Februar. Der längste Winter während des Beobachtungszeitraumes war der Winter 1952/53, der vereinzelte Frostperioden zwischen November und Mitte März brachte, der kürzeste Winter war der Winter 1950/51 mit Frost nur zwischen dem 16. und dem 21. Dezember 1950. Maifrost gibt es am Gardasee nie. Die Tagesmitteltemperatur bleibt ab Ende Februar, in manchen Jahren schon ab Mitte Februar, bis Ende November regelmäßig über 10° C (der Zeitraum mit Temperaturen über 10° C wird von den Praktikern vielfach als „Vegetationsperiode" gerechnet).

Tabelle 1

Winterklima von Arco (19 Jahre Beobachtung, nach FICKER 1909)

	Dez.	Jan.	Febr.	Mittel Dez.-Febr.	Jahr
Bewölkungsmittel	3,5	3,6	3,6	3,6	3,9
Temperatur in ° C					
Monatsmittel (Vierermittel)	4,6	3,6	5,6	4,6	13,8
Mittl. absol. Maximum	11,3	10,6	12,6		
Mittl. absol. Minimum	−2,3	−2,7	−1,6		
Mittel der absol. Jahresmin.					−3,9
Absolutes Minimum		−7 (1888, 1891)			
Rel. Luftfeuchtigkeit in %					
Monatsmittel	67	71	66	68	69
7h-früh-Mittel	71	74	68	73	72
Niederschläge					
Monatssumme in mm	58	50	38	Summe: 146	960
In % der Jahressumme	6	6	3	15	
Tage mit Schnee	1,0	1,5	0,9	Summe: 3,4	4,2

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 2

Winterklima von Arco (Periode 1950—1961, nach Aufzeichnungen der Wetterwarte Arco, Beobachter: Rag. N. Bresciani)

	Dez.	Jan.	Febr.	Mittel Dez.-Febr.	Jahr
Sonnenscheindauer					
Mittl. tägl. tatsächl. Sonnenscheindauer in Std.	3,0	3,6	4,3	3,6	
Tatsächl. Sonnenscheindauer in % d. örtl. möglichen	46	53	52	50,3	55
Zahl d. heiteren Tage i.Monat	10,6	12,0	11,7	11,4	
Zahl d. trüben Tage i.Monat	13,3	9,7	10,5	11,2	
Temperatur in ⁰ C					
Monatsmittel (Vierermittel)	5,2	3,7	5,6	4,8	13,7
Mittl. tägl. Maximum	8,2	6,9	8,7	7,9	
Mittl. tägl. Minimum	3,4	1,5	3,3	2,7	
Mittl. absol. Maximum	13,5	13,0	15,2	13,9	
Mittl. absol. Minimum	—1,5	—3,2	—1,8		
Absolutes Minimum	—5	—5	—9 (1956)		
Mittel der absol. Jahresmin.					—4
Rel. Luftfeuchtigkeit in %					
Monatsmittel	73,0	66,3	65,8	68,6	69
Tage mit Max. über 90% r.F.	11,7	7,6	7,7	9,0	
Tage mit Mittel über 90% r.F.	2,0	1,4	0,7	1,3	
Niederschläge					
Monatssumme in mm	81,0	40,0	61,6	Summe: 182,6	926,6
In % der Jahressumme	8,5	4,3	6,7	19,5	
Wind					
Monatsmittel in km/h	4,9	5,0	5,7	5,2	5,9
Zahl der Tage mit Starkwind (≧ Stärke 6)	1,1	1,1	1,2	1,1	1,8

Tabelle 3

Winterklima von Riva (27 Jahre Beobachtung, nach FICKER 1909)

	Dez.	Jan.	Febr.	Mittel Dez.-Febr.	Jahr
Bewölkungsmittel	6,6	4,3	4,5	5,1	4,9
Temperatur in ⁰ C					
Monatsmittel (Vierermittel)	4,5	3,4	5,6	4,5	13,2
Mittl. absol. Maximum	10,9	10,5	12,3		
Mittl. absol. Minimum	—2,2	—2,5	—1,3		
Mittel der absol. Jahresmin.					—3,8
Absolutes Minimum	—7,3 (1879)	—7,4 (1891)			
Rel. Luftfeuchtigkeit in %					
Monatsmittel	72	75	70	72	72
7h-früh-Mittel	84	79	74	79	77
Niederschläge					
Monatssumme in mm	76	54	48	Summe: 178	1117
In % der Jahressumme	5	6	3	14	
Tage mit Schnee	1,5	2,3	1,0	Summe: 4,8 Max.: 13 (1887, 1895) Min.: 0 (1880)	5,7

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Ähnlich wie in den Alpen und im Gegensatz zu den Mittelmeerländern ist in Arco und Riva der Winter die niederschlagsärmste Jahreszeit; Schnee fällt selten und er bleibt auf der Talsohle nicht lange liegen. Die Luft ist im Winter relativ trockener als im Alpenvorland und an den Meeresküsten. Infolgedessen gibt es, wieder im Gegensatz zur Poebene und zum Mittelmeergebiet, auch im Winter keinen Nebel.

Das periodische Windsystem — Seebrise um Mittag und am Nachmittag und Talabwind in der zweiten Nachthälfte —, das die Talebene von Riva, Torbole und Arco sowie das untere Sarcatal ventiliert, flaut zum Winter hin ab.

1.2 Strenge Winter im Gardaseegebiet

Normalerweise treten Fröste im Winter in kurzen Perioden von 5 bis 8 Tagen Dauer auf, denen vorübergehende oder endgültige Erwärmung folgt. Dabei kommt es zu Tiefsttemperaturen zwischen —3 und —5° C (Abb. 1). Längere Serien aufeinanderfolgender Frosttage sind Aus-

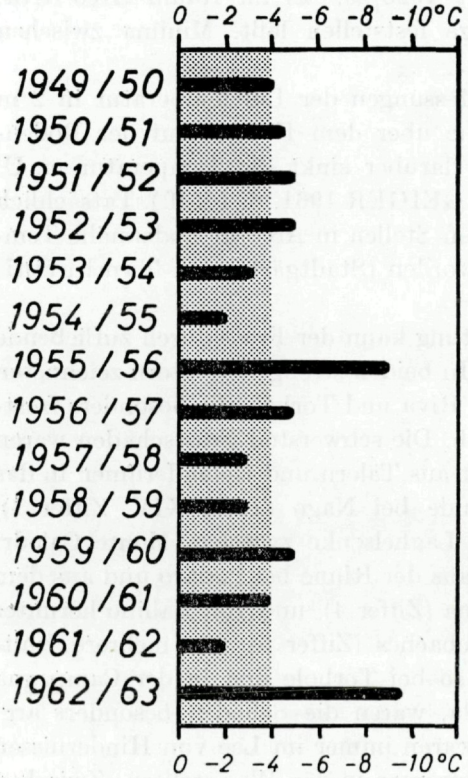


Abb. 1: Absolute Temperaturminima der letzten 14 Winter in Arco. Das Mittel der absoluten Winterminima (—4° C) ist als Rasterband eingetragen. Nach Aufzeichnungen der Wetterwarte Arco, Beobachter: Rag. N. Bresciani.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

nahmen. In letzter Zeit gab es anhaltende Kälte im Januar 1952 und im Februar 1956 (jeweils 21 Frosttage in ununterbrochener Folge) und vom 12. Januar bis zum 9. Februar 1963 (28 Tage; siehe Abb. 4). In diesem letzten außergewöhnlich kalten Winter ging außerdem eine 16-tägige Frosttagserie im Dezember 1962 der Januarkälte voraus (Abb. 3). Während so lang anhaltender Frostperioden kann es zu abnorm starker Abkühlung kommen: Sowohl im Februar 1956 als auch im Januar 1963 wurden im Gardaseebecken die tiefsten Temperaturen der letzten 15 Jahre registriert: —9° C (1956) und —9,5° C (1963) auf dem Observatoriumsturm von Arco, Beobachter Rag. N. Bresciani, und —10° C (in beiden Jahren) in Riva, Via Rovereto, Beobachter M. A. Perini.

Die beiden Winter, die ja auch im westlichen Mittelmeergebiet, in den Alpen und in Mitteleuropa äußerst kalt waren, übertreffen an Strenge die Schadenswinter vor der Jahrhundertwende (1879, 1888, 1891), in deren Verlauf die Wetterwarten von Riva und Arco nie Temperaturen unter —7,4° C gemeldet hatten (Tab. 1, 3). Am ehesten vergleichbar sind sie mit dem berüchtigten Winter 1928/29, als im Raum Arco-Riva, soweit sich heute durch Umfrage feststellen läßt, Minima zwischen —9 und —10° C gemessen wurden.

Alle diese Angaben betreffen Messungen der Lufttemperatur in 2 m Höhe oder in noch größerer Höhe über dem Boden. Auf der Bodenoberfläche und einige Dezimeter darüber sinkt die Temperatur u. U. um 3 bis 5° C tiefer (Übersicht bei GEIGER 1961, S. 105ff.). Tatsächlich sind im Januar an windgeschützten Stellen in Arco in Bodennähe Temperaturen um —12° C gemessen worden (Stadtgärtner V. Tamburini, Arco, mdl.).

Außer durch Temperaturschichtung kann der Frost durch zufließende Kaltluft lokal verschärft werden. In beiden strengen Wintern zeichneten sich im Talbecken zwischen Arco, Riva und Torbole die besonders frostgefährdeten Positionen auffällig ab. Die schwersten Frostschäden waren immer dort zu finden, wo Kaltluft aus Tälern und Geländerinnen in das Becken einströmte: Aus der Mulde bei Nago (Tafel XIV, Ziffer 1), aus dem Sarcatal (Ziffer 2), der Laghelsenke zwischen Monte Calodri und dem Hügel Baone (Ziffer 3), aus der Rinne bei Padaro und aus dem Tovotal am Fuße des Monte Biaina (Ziffer 4), und von Ballino herunter durch den Einschnitt des Varonebaches (Ziffer 5). Wo mehrere Kaltluftströmungen sich vereinigten, so bei Torbole und in der Campagna zwischen S. Tommaso und Albola, waren die Schäden besonders arg. Weitaus die geringsten Schäden waren immer im Lee von Hindernissen anzutreffen, die sich den Kaltluftströmen in den Weg stellten: Zwischen

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Häusern und vor Mauern, hinter Felsnasen (Schloßfels von Arco) und größeren Erhebungen wie dem Monte Brione, der die aus dem Sarcatal abfließenden Luftmassen in eine östliche und westliche Strömung teilt. Sogar Baulücken in Ost-West verlaufenden Straßen spiegelten sich im Grad der Laubschäden von Alleebäumen wider (Oleanderallee in Riva, Via Dante Alighieri).

Die offiziellen Klimastationen von Riva und Arco sind weder in auffallend benachteiligter Lage noch in besonders begünstigter untergebracht. Daher richtet sich mein Schadensbericht im Kapitel 3 hauptsächlich nach den Verhältnissen auf Standorten, die kleinklimatisch einigermaßen dem Aufstellungsort der meteorologischen Meßinstrumente entsprechen; anderenfalls wird auf die Besonderheit des Standortes hingewiesen.

Auch großklimatisch ist strenge Kälte im Gardaseegebiet immer das Ergebnis der kombinierten Wirkung von Kaltluftadvektion und starker nächtlicher Wärmeausstrahlung. Anhand des Witterungsverlaufes während der beiden Schadenswinter läßt sich die typische Situation, die zu extremer Abkühlung führt, deutlich zeigen.

1.2.1 Der Winter 1955/56

Bis Ende Januar 1956 war der Winter 1955/56 ausgesprochen mild. Der Dezember brachte nur einen Frosttag, der Januar nur zwei; in beiden Monaten sank die Temperatur nie unter -1^0 C. Auch die Tagestemperaturen lagen, besonders im Januar, über dem Durchschnitt: Die Mitteltemperatur (Vierermittel), die mittlere 14^h-Temperatur und das mittlere Temperaturmaximum waren im Januar um 1^0 C zu hoch. Der Dezember war trocken, der Januar etwas zu feucht. Als am 1. Februar Kaltluft aus NW über die Alpen hereinströmte, war die immergrüne Vegetation am Gardasee und im ganzen Mittelmeergebiet eben dabei, verlockt durch die warm-feuchte Januarwitterung, ihre Winterruhe allmählich aufzugeben (SCARAMUZZI und ANDREUCCI 1957, MORETTINI 1961). Der Kaltluftadvektion folgte Aufheiterung in der Nacht zum 2. Februar, in der ein Frost von -7^0 C die unvorbereitete Vegetation traf (Abb. 2). Während der nun folgenden stabilen Schönwetterlage hielten Ausstrahlungsfröste die tägliche Tiefsttemperatur zwischen -4 und -6^0 C. Ein Vorstoß maritimer Luftmassen gegen Ende der ersten Dekade wurde rasch abgelöst von einem zweiten Kaltlufteinbruch. Damals zog eine Kaltluftzunge von Skandinavien zunächst nach Westeuropa und dann über Südfrankreich in das Mittelmeerbecken. Ins Gardaseebecken ergoß sich die Kaltluft einerseits von Norden her nach

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Übersteigen des Alpenhauptkammes, andererseits von der Poebene her. Überall im Mittelmeergebiet, wo es am 15. und 16. Februar zum Aufklaren kam, herrschte strenger Frost, dem in Spanien und Süditalien die *Citrus*kulturen, in Südfrankreich und Mittelitalien zahlreiche Ölbäume (in Südfrankreich 9 % aller Ölbäume vollständig und weitere 23 % bis zum Boden erfroren, in Mittelitalien ca. 9 % aller Ölbäume ganz tot und weitere 49 % bis zum Wurzelhals zurückgefroren; MORETTINI 1961) und andere immergrüne Pflanzen zum Opfer fielen.

Wie der Februar (mittleres tägliches Temperaturminimum um 1,4° C,

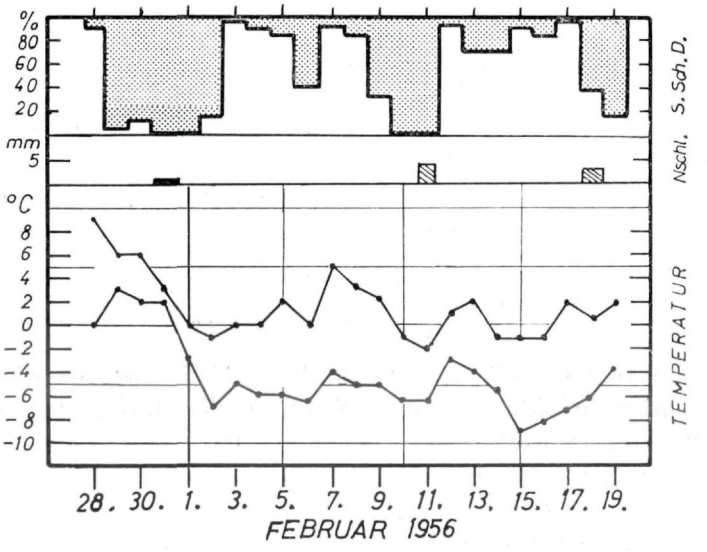


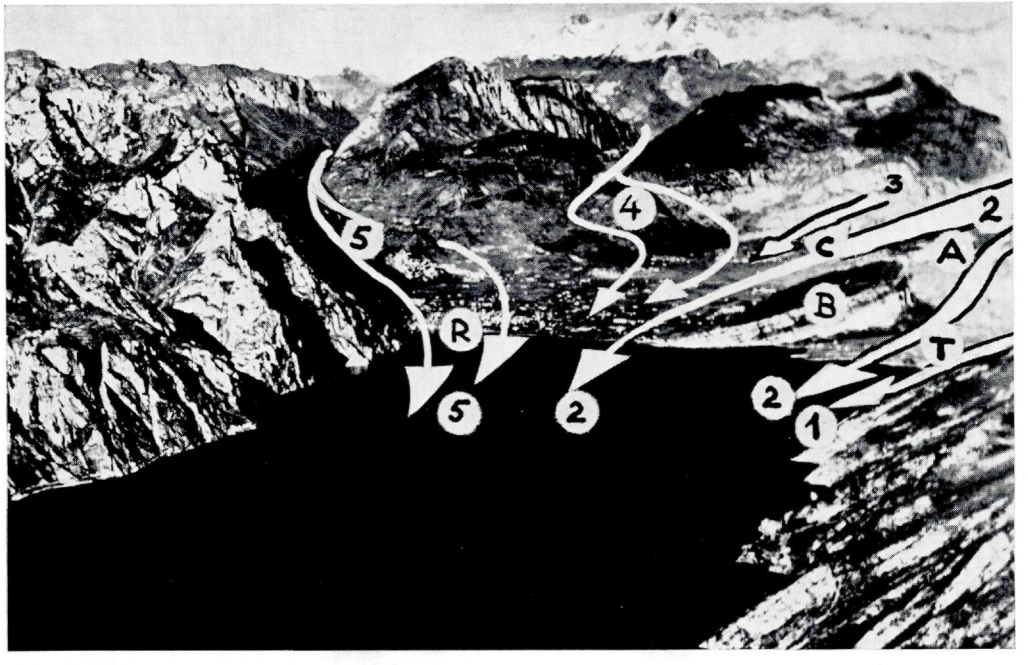
Abb. 2: Tägliche Temperaturextreme, Niederschlag (schraffiert: Schnee) und effektive Sonnenscheindauer (in Prozent der örtlich möglichen als Reziprokmaß für die Bewölkung) in Arco im strengen Winter 1956. Nach Aufzeichnungen der Wetterwarte Arco, Beobachter: Rag. N. Bresciani.

mittleres tägliches Temperaturmaximum um 4,3° C kälter als im langjährigen Durchschnitt) waren auch März und April im ganzen zu kalt, so daß die Vegetation mit fast einem Monat Verspätung ihren Frühlingsaspekt zeigte.

1.2.2 Der Winter 1962/63

Im Gegensatz zum Winter 1955/56 war diesmal schon der Dezember ungewöhnlich kalt (Abb. 3). Die erste Kältewelle, eine Serie von 16 Tagen mit nicht allzu strengem Frost (Dezemberminimum −5,5° C), konnte den Pflanzen praktisch keine Schäden zufügen, wohl aber veranlaßte sie sie, ihre Kälteresistenz auf den jeweils höchstmöglichen Stand zu bringen.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at



Kaltluftströmungen im nördlichen Gardaseebecken. A = Arco, B = Mte. Brione, C = Chiarano, R = Riva, T = Torbole. Näheres siehe Seite 158.

TAFEL XIV

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

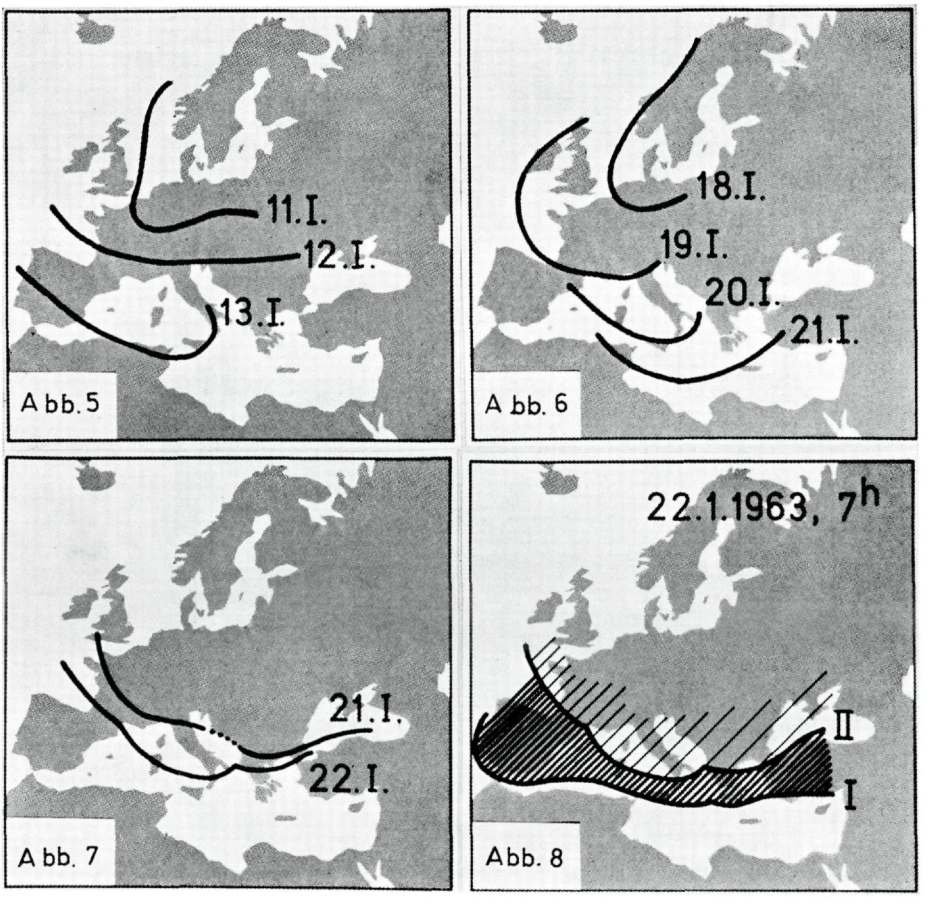


Abb. 5: Kaltfrontenverlauf (in 2 m Höhe) am 11., 12. und 13. Januar 1963, jeweils um 7 Uhr früh. Nach Wetterkarten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien.

Abb. 6: Zweiter Kaltluftvorstoß der Januarfrostperiode.

Abb. 7: Dritter Kaltluftvorstoß der Januarfrostperiode.

Abb. 8: Kaltfrontenverlauf am 22. Januar 1963 um 7 Uhr früh, dem Tag, an dem es im Gardaseebecken zur stärksten Abkühlung in diesem Winter kam. Die Kaltfront I gehört zum Vorstoß aus Nordwest vom 19. Januar (siehe Abb. 6), die Kaltluft II zum Vorstoß aus Nordost vom 21. Januar (siehe Abb. 7). Näheres im Text auf Seite 162.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

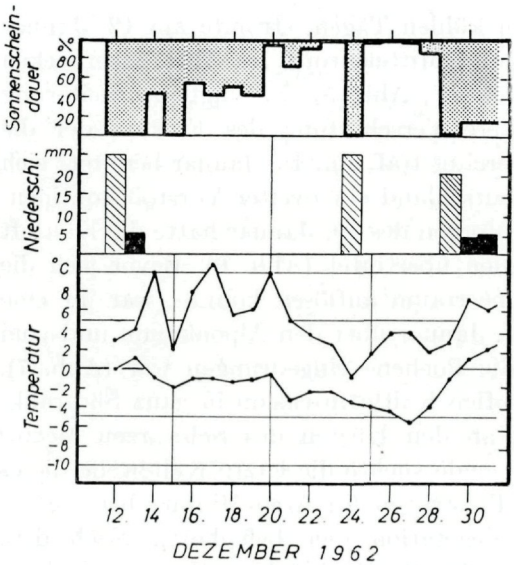
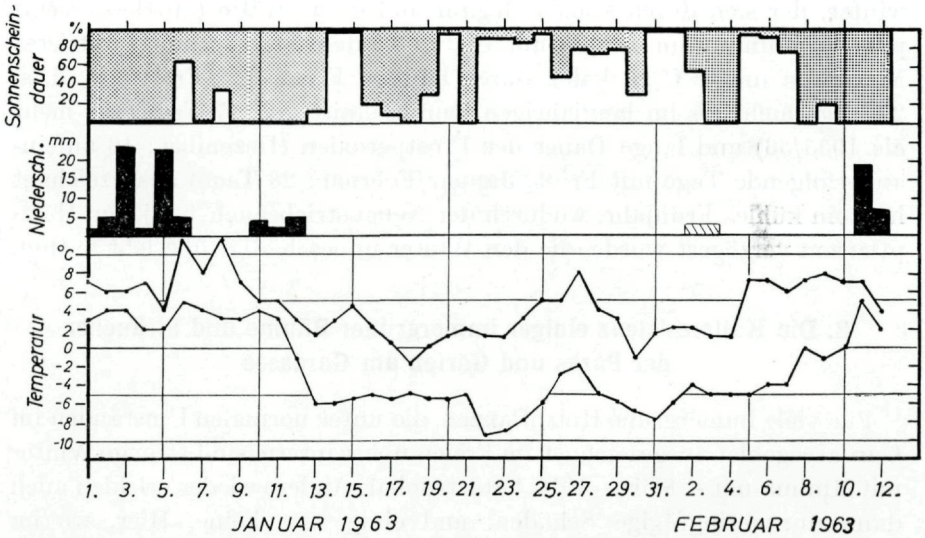


Abb. 3 und 4: Wie Abb. 2, aber für die erste und zweite Frostperiode des Winters 1962/63



Dreimal schneite es, der Schnee bildete aber keine geschlossene Decke und schmolz bald ab. Um dieselbe Zeit herrschte in Mitteleuropa und in den Alpen ein Hochdruckgebiet, in dessen Reichweite während der langen, wolkenarmen Nächte die Temperatur auf die tiefsten dort in diesem Winter gemessenen Werte absank. Gegen Ende Dezember wurde ein mediterranes Tiefdrucksystem wetterwirksam; es regnete am Gardasee und die Temperaturminima überschritten den Eispunkt (Abb. 4).

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Nach 13 frostfreien, wenn auch kühlen Tagen, strömte am 12. Januar neuerlich Kaltluft aus West- und Mitteleuropa ins Mittelmeerbecken und über die Alpen (siehe Tafel XV, Abb. 5). Es folgte Aufheiterung und ausstrahlungsbedingt weitere Verschärfung des Frostes, der die Vegetation allerdings wohlvorbereitet traf. Am 18. Januar bereitete sich über Skandinavien und Norddeutschland ein zweiter Vorstoß kontinentaler Luftmassen vor; bis zum Morgen des 19. Januar hatte die Kaltluft ganz Westeuropa und Oberitalien überflutet (Abb. 6). Bevor sich die Kaltfront im südlichen Mittelmeerraum auflösen konnte, war ihr eine zweite gefolgt, die schon am 21. Januar über den Alpenkamm und vom Osten her über die Adria in die Poebene eingedrungen war (Abb. 7). Am 22. Januar war die zweistufige Kaltluftinvasion in ganz Südfrankreich, Italien, Dalmatien und an den Küsten des Schwarzen Meeres fühlbar (Abb. 8). Gegen Monatsende suchte die letzte Kältewelle dieses Winters mit einer Reihe von Frosttagen (in Arco Minima bis -8^0 C) eine bereits frostgeschädigte Vegetation neuerlich heim. Nach dem 10. Februar gab es keinen Frost mehr. Doch folgte diesem Schadenswinter, der sich durch frühen Beginn und große Kälte (mittleres Temperaturminimum im Januar um 4^0 C unter dem Durchschnitt, mittleres Maximum um 3^0 C zu kalt), durch häufige Fröste (44 Frosttage, d. s. 27 Tage mehr als im langjährigen Durchschnitt und 17 Frosttage mehr als 1955/56) und lange Dauer der Frostperioden (Dezember: 16 aufeinanderfolgende Tage mit Frost, Januar/Februar: 28 Tage) ausgezeichnet hat, ein kühles Frühjahr, wodurch der Neuaustrieb auch bei jenen Holzpflanzen verzögert wurde, die den Winter unbeschädigt überlebt hatten.

2. Die Kälteresistenz einiger immergrüner Bäume und Sträucher der Parks und Gärten am Gardasee

Für viele immergrüne Holzpflanzen, die unter normalen Umständen im Gardaseegebiet ausgezeichnet im Freien überwintern, sind strenge Winter mit Minima um -8 bis -10^0 C katastrophal. Andere wieder erleiden auch dann nur geringfügige Schäden, und einige gar keine. Hier, wo im Gegensatz zum Mittelmeergebiet Sommerdürre als Auslesefaktor kaum in Frage kommt, setzt somit die Winterkälte für die Mehrzahl der immergrünen Einwanderer aus wärmeren Ländern die entscheidende Ausbreitungsschranke. Ob eine bestimmte Art mit Erfolg eingeführt und auf die Dauer erhalten werden kann, hängt in erster Linie von ihrem spezifischen *Überwinterungsvermögen* ab. Dieses ist gegeben durch die von Art zu Art wechselnde *Kälteresistenz*, d. i. die Fähigkeit, tiefe Tem-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

peraturen zu überstehen und durch das ebenfalls artabhängig verschieden gut ausgeprägte *Regenerationsvermögen.*

Die einzelnen *Organe* einer Holzpflanze sind sehr verschieden frostempfindlich (ref. BIEBL 1962, PARKER 1963). Die Wurzel, zum Beispiel, geht im Winter bei viel geringerer Abkühlung zugrunde als andere Teile der Pflanze. Weil das Wurzelsystem im Boden aber vor Frost in der Regel gut geschützt ist, sind Wurzelschäden außerordentlich selten. Von den oberirdischen Teilen der Pflanze leiden im Winter zunächst die allenfalls vorhandenen Blüten *(Acacia dealbata, Arbutus unedo, Viburnum tinus)* und die Blätter unter dem Frost, und zwar bei den meisten Arten zuerst die älteren Blätter, dann die unreifen unter den jüngeren und zum Schluß die reifen letztjährigen Blätter. Sehr schön sieht man das bei *Magnolia grandiflora, Photinia serrulata, Eriobotrya japonica, Arbutus unedo* und *Trachycarpus fortunei* (Tafel XVI, Bild c). Erst wenn der Großteil des Laubes verloren ist, machen sich auch Knospenschäden bemerkbar; die Endknospen sind meist die empfindlicheren und die basalen Achselknospen die widerstandsfähigeren. Zugleich mit den ersten Knospenschäden stellen sich gewöhnlich scharf umschriebene, nestartige oder streifenförmige Bräunungen in der Rinde der Zweige und Äste, später auch in der Stammrinde ein. Das im Winter ruhende Kambium, oder wenigstens ein großer Teil dieses Meristems, scheint ganz allgemein bei Holzpflanzen das widerstandsfähigste Gewebe zu sein, widerstandsfähiger gegen Kälte als das Holz. Sämlinge und Jungpflanzen sind als Ganzes empfindlicher (und in Bodennähe wohl auch gefährdeter) als erwachsene Bäume und Büsche (MÜNCH 1928, PFAFF 1929 [besonders *Cupressus sempervirens*], DIMPFLMEIER 1957; vgl. Notiz bei *Laurus nobilis*, S. 181).

Da den einzelnen Organen eine bestimmte Bedeutung im Bauplan und im Leben der Pflanze zukommt, ist zu erwarten, daß gleich große Schäden in verschiedenen Organen ganz verschiedene Schadensfolgen zeitigen: Ein Wurzelschaden wird dieses für die Wasserversorgung und Ernährung so wichtige Organ abschalten und die oberirdischen Teile der Pflanze in kürzester Zeit zum Absterben bringen (KEMMER und SCHULZ 1955, KARNATZ 1956). Laubverluste, sogar ein totaler Laubverlust, mögen für den Baum, der sich bald wieder begrünt, noch das kleinere Übel sein, wenn sie sich im Laufe der Jahre nicht allzu häufig wiederholen. Am ärgsten treffen natürlich Holz- und Kambialschäden den Baum, fast immer führen sie früher oder später, manchmal erst nach Jahren, zum Absterben dicker Äste oder der ganzen Pflanze (JAHNEL und WATZLAWIK 1959, 1961, MORETTINI 1961).

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

2.1 Die experimentelle Bestimmung der Kälteresistenz

Ein Frostversuch besteht aus drei Arbeitsabschnitten: 1. der Probenentnahme, 2. der Frostung der Probe und 3. der Schadenserhebung.

2.1.1 Probenentnahme

Die Probenentnahme darf nicht ohne genaue Kenntnis des Objekts geschehen, damit mit Sicherheit einheitliches Material verwendet wird.

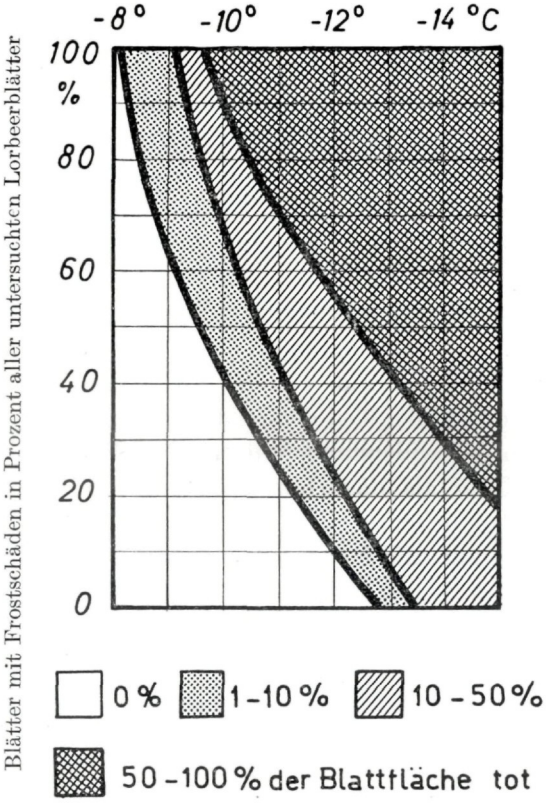


Abb. 9: Kälteresistenz-Diagramm für einjährige reife Blätter eines männlichen Strauches von *Laurus nobilis* im Januar nach einer vorausgegangenen Frostperiode mit Temperaturen bis −5,5° C. Die Blätter wurden bei den auf der Abszisse angegebenen Temperaturen in einer Kühltruhe ca. 4 Stunden lang gefrostet. Nach dem Auftauen wurden sie nach den Grad ihrer Schädigung sortiert und der prozentuelle Anteil bestimmter Schadensausmaße (weiß: ohne Schaden, Punktraster: Erste Schäden bis 10% der Blattfläche erfassend; Schrägschraffur: Mäßige Schäden, ein Zehntel bis ein Halb der Blattfläche braun verfärbt; Kreuzschraffur: Schwere Schäden, mehr als die halbe Blattfläche erfroren) an der Gesamtzahl der exponierten Blätter wurde berechnet. Bei −8° C sind alle untersuchten Blätter schadenfrei, bei −12,8° C ist es keines mehr. Nach Messungen von Dr. R. Lepez.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Wenn mehrmals im Jahr die Kälteresistenz einer Pflanze gemessen werden und wenn die Ergebnisse aufeinander bezogen werden sollen, muß man jedes Mal Zweige gleichen Alters, gleicher Insertion und gleicher Exposition von immer denselben Bäumen holen. Denn nicht nur verschieden alte und verschieden ausgeprägte Blätter einer Pflanze unterscheiden sich voneinander, sondern auch vergleichbare Blätter von verschiedenen Bäumen. Ja auch gleichartige Blätter desselben Baumes und sogar Fiederblättchen derselben Fieder (siehe Tafel XVII, Bilder a und b, vgl. außerdem HUDSON 1961) können sich uneinheitlich verhalten.

Trotz vorsichtiger Auswahl der Proben bei der Entnahme wird sich eine *biologische Streuung* nicht vermeiden lassen, deren Breite man durch einen entsprechend groß angelegten Versuch kennenlernen sollte, um später zu wissen, wie weit man in der Auslegung der Ergebnisse gehen darf. Eine Analyse der biologischen Streuung völlig gleich ausgeprägter, gleichaltriger Blätter von vergleichbar exponierten Zweigen desselben männlichen Lorbeerstrauches zeigt Abb. 9. Der Versuch wurde von Frl. R. Lepez vom 10. bis 14. Januar 1963 ausgeführt. Jede Abkühlungsstufe ist durch wenigstens 50 Blätter belegt. Aus der Abbildung läßt sich entnehmen, daß ein Lorbeerblatt nach 4stündiger Exposition bei -12^0 C ebenso schadenfrei sein kann wie ein anderes äußerlich identisches bei -8^0 C, das aber schon bei -9^0 C deutliche Schäden abbekommen würde. Oder: Von allen äußerlich nicht unterscheidbaren Blättern, die vier Stunden lang einer Temperatur von -10^0 C ausgesetzt waren, blieben 40 % ohne Schaden, fast 30 % erlitten geringe Schäden, weitere 20 % erhebliche und die restlichen 10 % schwerste Schäden.

Nach der Entnahme müssen die Proben so transportiert oder gelagert werden, daß sie vor der Frostung durch Wärme nicht enthärtet werden und weder austrocknen noch naß werden können.

2.1.2 Frostung

Die Frostung der ausgesuchten Blätter, Sprosse oder Topfpflanzen erfolgt heute überall in großen Kühltruhen mit fein einstellbarer Temperatursteuerung und automatischer Kontrolle der eingestellten Zieltemperatur (PISEK 1958, PARKER 1959, LARCHER und EGGARTER 1960). Früher mußte man die tiefen Temperaturen durch Eis-Kochsalz-Gemische in großen Thermosgefäßen erzeugen und in diese Kältegemische tauchte man Glaszylinder mit den Proben (WINKLER 1913, ULMER 1937, PISEK und SCHIESSL 1947, LARCHER 1954, TILL 1956). Der Abkühlungsverlauf kann in der Truhe selbstverständlich

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

besser beherrscht und den natürlichen Verhältnissen genauer angepaßt werden als in den Thermosgefäßen. Wo nicht besondere Effekte angestrebt werden, kühlt man langsam ab, d. h. die Temperatur im Kühlfach fällt nicht schneller als 3 bis 5° C pro Stunde. Die Abkühlung der Versuchsproben wird durch eng anliegende Widerstandsthermometer oder Thermoelemente in Verbindung mit einem registrierenden Meßinstrument laufend verfolgt. Die Zieltemperaturen der in einer Versuchsserie aufeinanderfolgenden Frostungen werden i. d. R. im Abstand von je 2° C gestaffelt, wobei der erste Ansatz so eingestellt wird, daß keine Probe Frostschäden aufweist. Die Untersuchung muß mit jeweils neuen Proben so lange bei immer tiefer eingestellter Zieltemperatur fortgesetzt werden, bis alle Blätter oder Zweige vollständig erfroren sind.

Während der Frostung befinden sich die belaubten Zweige nicht offen im Kühlfach der Truhe, wo sie infolge der Kondensation des Wasserdampfes an den kalten Wänden des Kühlfaches viel zu stark austrocknen würden, sondern sie liegen in großen Kartonschachteln, in denen ein kleiner Ventilator für Luftumwälzung sorgt. So kann sich Kaltluft nirgends schichten und die Blätter sind stets allseitig von der kalten Luft umspült. Nach mindestens dreistündiger Einwirkung[1] der tiefsten im Versuch erreichten Temperatur auf die belaubten Zweige immergrüner Holzpflanzen vom Gardasee habe ich die Kühlung abgeschaltet. Die Proben tauten dann langsam (3° C pro Stunde) auf. Anschließend wurden sie aus der Kühlkammer geholt und mit frisch beschnitteten Stielen in wassergefüllte Schälchen tauchend bei 15 bis 20° C aufgestellt.

2.1.3 Schadenserhebung

Die Schadenserhebung bietet, sofern man sich auf Blätter und Nadeln beschränkt, keine besonderen Schwierigkeiten. Auch im Winter waren auf den Assimilationsorganen der Immergrünen vom Gardasee die geschädigten Partien fast immer schon am Tag nach der Frostung gut erkennbar und abgrenzbar. Oft verfärben sich die erfrorenen Bezirke dunkelgrau bis schwärzlich *(Rhamnus alaternus, Arbutus unedo, Olea europaea, Nerium oleander, Rosmarinus officinalis, Viburnum tinus)* oder braun und gelb *(Cupressus sempervirens, Pinus pinea* und *halepensis Magnolia grandiflora, Laurus nobilis, Cinnamomum glanduliferum, Eriobotrya japonica, Myrtus communis, Quercus-* und *Citrus*arten*)* und häufig

---

[1] Unter allen Umständen muß abgewartet werden, bis die anfänglich unterkühlten Proben auszufrieren beginnen, was sich durch vorübergehend sprunghaftes Ansteigen der Blatt-Temperatur zu erkennen gibt.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

weist ein charakteristischer Geruch (z. B. nach ätherischem Öl bei *Laurus*, *Myrtus*, *Citrus*arten und *Rosmarinus*, ein scharfer Geruch bei *Pinus*nadeln und *Arbutus*blättern und Baldriangeruch bei *Viburnum tinus*) auf die Autolyse in den nekrotischen Geweben hin. In seltenen Zweifelsfällen erleichtert eine Durchleuchtung des Blattes die Schadensbeurteilung, als letzte Instanz entscheidet die mikroskopische Untersuchung.

Nicht so einfach sind Frostschäden in Knospen und Sproßachsen erkennbar. Manchmal darf man zwar einer Bräunung als Symptom vertrauen, doch keineswegs immer. Um wirklich sicher zu gehen, wird man auf zeitlich aufwendige Vitalitätsnachweise nicht verzichten können (LARCHER und EGGARTER 1960, PARKER 1963). Hauptsächlich aus diesem Grunde habe ich mich im folgenden auf die Angabe der Frosthärte von Blättern beschränkt.

2.2 Schadensbild und Schadensbeurteilung

Abgesehen vom Ton der Verfärbung unterscheiden sich die Blätter der verschiedenen Arten in kennzeichnender Weise durch die Lage der kälteempfindlichsten Zellkomplexe. Nach der Anordnung der Frostnekrosen bei beginnender Schädigung des Blattes läßt sich jede Art einem der vier Schadensbildtypen zuordnen.

2.2.1 Der Nervaturschadentyp

Die Blätter dieses Typus besitzen ein besonders frostempfindliches Gefäßbündelparenchym. Stets sind daher die Leitungsbahnen, manchmal zuerst die feinen Verästelungen (nur im Sommer bei: *Arbutus unedo* [siehe Tafel XVII, Bild c], *Rhamnus alaternus*, *Nerium oleander*, *Viburnum tinus)*, dann wiederum als erstes der Hauptnerv mit seinen primären Verzweigungen (im Sommer und Winter bei: *Myrtus communis*, nach LEPEZ 1963 auch bei *Laurocerasus officinalis* und *Rhododendron ponticum*; nur im Sommer bei *Rhododendron catawbiense*, PARKER 1963) der Ursprungsort von Frostschäden. Es gibt sogar Blätter (*Cinnamomum camphora*, nicht aber *Cinnamomum glanduliferum*, siehe S. 181 und KUSUMOTO 1959), deren Stiel regelmäßig früher erfriert als die Nervatur und die Spreite des Blattes. Wenn das Gefäßbündelnetz des Blattes schon weitgehend zerstört ist, sind dazwischen immer noch gesunde Spreitenbezirke vorhanden. In gewisser Beziehung gehören auch die Cupressaceen diesem Typ an, denn das Assimilationsparenchym der Schuppenblätter ist resistenter als das Leitparenchym des Stengels.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

2.2.2 Der Interkostalschadentyp

Hier sind die Spreitenareale zwischen den Nerven frostempfindlicher, als das Gefäßbündelparenchym. Bei allen Vertretern dieses Typus (siehe Tafel XVII, Bilder a und b: *Ceratonia siliqua*, ebenso *Laurus nobilis* [LARCHER 1954, Abb. 3], *Quercus suber* und *Quercus ilex* [l. c. Abb. 4], *Rosmarinus officinalis* und die Palmen) sind die Gefäßbündel in dicken Sklerenchymsepten eingeschlossen, die von der unteren Blattepidermis bis zur oberen durchgehen. Die Septen unterteilen das Mesophyll in Kammern, an deren Grenzwänden die sich fortpflanzende Eisbildung zum Stehen kommt. Deshalb sieht man, wenn ein Blatt von diesem Schadentyp in bewegter Luft abgekühlt wurde, anfänglich nicht ausgedehnte Flächen erfroren, sondern immer mosaikartig über die ganze Blattspreite verteilte scharf begrenzte Interkostalschäden, während die feinen Äderchen, selbst wenn sie zwischen einigen toten Spreitenarealen verlaufen, zunächst vollkommen intakt bleiben.

2.2.3 Der Diffusschadentyp

Dieser ist der verbreitetste Frostschadentypus. Die Nekrosen beginnen irgendwo auf der Spreite und sie erstrecken sich ohne Konturänderung gleichermaßen über Geäder und Interkostalfelder. Ein Beispiel dafür könnte das Bild d auf Tafel XVII sein; im Winter breiten sich nämlich die Erfrierungen auch auf *Arbutus*-, *Viburnum*- und *Nerium*blättern diffus aus.

2.2.4 Der Zonalschadentyp

Eine besondere Form diffuser Nekrosen, also gleichmäßig über Mesophyll und Leitungsgewebe greifende Erfrierungen, sind die zonalen Frostschäden auf Coniferennadeln (z. B. *Pinus*- und *Cedrus*arten). Über mehr oder weniger lange Strecken erfrieren die Nadeln in ihrem ganzen Querschnitt, wobei die Grenze zwischen lebendem und totem Gewebe scharf abgesetzt ist. Auf der Nadeloberfläche sind die erfrorenen Abschnitte als braun gefärbte Gürtel zu sehen.

2.2.5 Schadensbeurteilung

Die Verschiedenartigkeit des Schadensbildes muß beim Abschätzen der eingetretenen Schädigung berücksichtigt werden. Denn je nach Zugehörigkeit zu diesem oder jenem Typus kann ein flächenmäßig gleich großer Schaden für dieses Blatt harmlos, für jenes tödlich sein: Der Verlust von ein Zehntel bis ein Fünftel der Blattfläche ist harmlos für ein Blatt vom Diffus- oder Mosaikschadentyp, hingegen wird ein in

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

diesem Umfang geschädigtes Blatt vom Nervaturschadentyp oder eine Nadel mit zonalen Erfrierungen bald zugrunde gehen, weil die noch lebenden Gewebe durch die abgestorbenen Leitungsbahnen nicht mehr versorgt werden können und vertrocknen. Es genügt schon, daß eine Strecke des Blattstieles oder der Nadelbasis abfriert, damit das sonst heil gebliebene Blatt oder die Nadel abfällt.

Als *Maß für die Kälteresistenz* der Blätter einer Pflanze wird vielfach die Temperatur angegeben, nach deren Einwirkung ein definierter Teilschaden — zum Beispiel 15 bis 20 % (ULMER 1937, PISEK und SCHIESSL 1947) oder 50 % der Blattmasse tot (LEVITT 1956, 1958, PARKER 1959, 1961, 1962) — aufgetreten ist. Einwandfrei ist dieses Vorgehen nur, wenn das Versuchsmaterial keinen Vertreter des Nervatur- oder Zonalschadentyps enthält. Wegen der ganz verschiedenen biologischen Bedeutung partieller Frostschäden je nach ihrer Lokalisation ziehe ich es vor, für meine Versuchsobjekte zwei Schwellenwerte festzulegen:

Erstens die *Temperatur, bei der die Masse des Laubes eben noch keinerlei Spur von sichtbarer Frostwirkung zeigt* (z. B. —8,5° C bei *Laurus* in Abb. 9). Kälte, die nur unreife, überalterte oder kranke Blätter dahinrafft, das reife Laub aber, von Schockwirkungen abgesehen, kaum angreift, behindert die Vegetation selbst dann nicht, wenn sie alle paar Jahre eintreffen sollte. Auch ein einmaliger schwerer Laubverlust braucht unter den immergrünen Holzpflanzen nicht allzugroße Ausfälle verursachen. Eine Faustregel, die auf Beobachtungs- und teilweise experimenteller Erfahrung beruht (vgl. LARCHER 1954, S. 618) besagt nämlich, daß ruhende Knospen und die Gewebe der Sproßachsen von immergrünen Holzpflanzen, wenigstens des Mittelmeergebietes, erst einige Grade unter jener Temperatur umkommen, bei der die betroffene Pflanze den Großteil ihrer Blätter einbüßt. Somit interessiert zweitens auch jene *Temperatur, bei der kein einziges Blatt der Probe mehr schadenfrei geblieben, dafür aber zwei Drittel bis drei Viertel aller Blätter total erfroren sind* (z. B. —14° C bei *Laurus* in Abb. 9).

Zwischen dem Erfrieren der empfindlichsten Blattbezirke und dem Frosttod des gesamten Blattes liegt im Winter eine Temperaturspanne von 3° C *(Myrtus, Eucalyptus, Citrus)* bis 4° C. In den Abbildungen 10 und 11 ist der Temperaturbereich, in dem die Schäden zum Letalpunkt anwachsen, durch einfache Querschraffur der Blöcke markiert. Vom ersten Grenzwert zum zweiten dehnt sich der Schaden bei stetig absinkender Temperatur im allgemeinen nicht sprunghaft, sondern ebenfalls

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

stetig aus. Auf Blättern des Interkostalschadentypus kann man die Ausbreitung des Schadenareals besonders schön verfolgen und genau erfassen, so daß der Verlauf des Erfrierens z. B. von Lorbeerblättern (Abb. 9) graphisch darstellbar ist[1].

2.3 Die Kälteresistenz der einzelnen Arten

Die Blockdiagramme auf Seite 171 und 173 fassen eine Auswahl aus Ergebnissen meiner experimentellen Frosthärtebestimmungen an markanten Vertretern der mediterranen immergrünen Gehölzflora (Abb. 10) und an einigen immergrünen Bäumen aus der warmgemäßigten und subtropischen Klimazone anderer Kontinente (Abb. 11) zusammen. Die Untersuchungen erstreckten sich über mehrere Winter: Im Winter 1952/53 und 1953/54 habe ich vor allem mediterrane Arten, die im Gardaseegebiet wild, verwildert oder kultiviert vorkommen, untersucht (LARCHER 1954); in den Wintern 1958/59 und 1959/60 wurden die Ergebnisse an einigen dieser Arten mit verbesserter Methodik überprüft (LARCHER 1961, 1963 a). Der Rest — hauptsächlich Exoten der Parks — kam 1961/62 an die Reihe.

Die Versuchsproben habe ich immer nach einer Serie von Frosttagen Bäumen und Sträuchern entnommen, die im Raum von Arco und Riva im Freien überwintern (Ausnahme: *Citrus limon* aus Limone am Gardasee). Die ½ bis 1 m langen Äste wurden schnell nach Innsbruck gebracht und hier im Laboratorium des Botanischen Instituts verarbeitet. Vor der Frostung waren die Äste in einem kühlen Nordgewächshaus bei einer mittleren Temperatur von $+5^0$ C untergebracht, so daß ihr Abhärtungszustand erhalten blieb. Sämtliche Versuchsserien konnten in drei (in den Wintern nach 1955) bis sechs (Winter vor 1955) Tagen abgeschlossen werden.

Es ist oft eingewandt worden, daß Bestimmungen an abgeschnittenen Zweigen und Blättern nicht auf intakte Pflanzen übertragbare Werte liefern müssen. Zu diesem Thema gibt es eine umfangreiche Literatur, die zum Teil von YARWOOD (1946) referiert wird. Trotzdem ist es nicht möglich, ein allgemeingültiges Urteil über die Zulässigkeit dieses Verfahrens abzugeben. Es kommt eben weitgehend, wie immer bei experimentalbotanischen Arbeiten, auf die Versuchsdurchführung, auf den Probenzustand und nicht zuletzt darauf an, wie man die so gewonnenen Daten auswertet und welche Aussagen man auf sie aufbaut (LARCHER 1963 b). Wird die Kälteresistenz an abgeschnittenen Zweigen bestimmt, um eine Reihe verschiedener Pflanzenarten oder -sorten nach der Frostempfindlichkeit ihrer Blüten oder Blätter einzustufen oder um im weiten Rahmen die Temperatur kennenzulernen, bei der Kälteschäden zu erwarten sind — eine pedantische Auslegung der Befunde verbietet schon die erhebliche

[1] Das graduelle Fortschreiten der Verfärbung auf der Spreite erfrierender Lorbeerblätter ist so bezeichnend, daß THEOPHRAST daraus schloß, der Lorbeer sei nicht wie die Myrte (Nervaturschadentyp!) „ohne Hitze", sondern „er halte seine Wärme zurück".

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

individuelle Streuung des Materials, siehe die Abb. 9! — oder aber um jahreszeitliche Schwankungen der Resistenz zu verfolgen, dann ist dieses Verfahren durchaus statthaft, wie mehrfach durch Vergleich der experimentellen Daten mit Freilandbeobachtungen nachgewiesen worden ist (STELZNER 1938, LARCHER 1954, TILL 1956, COOPER und Mitarbeiter 1957).

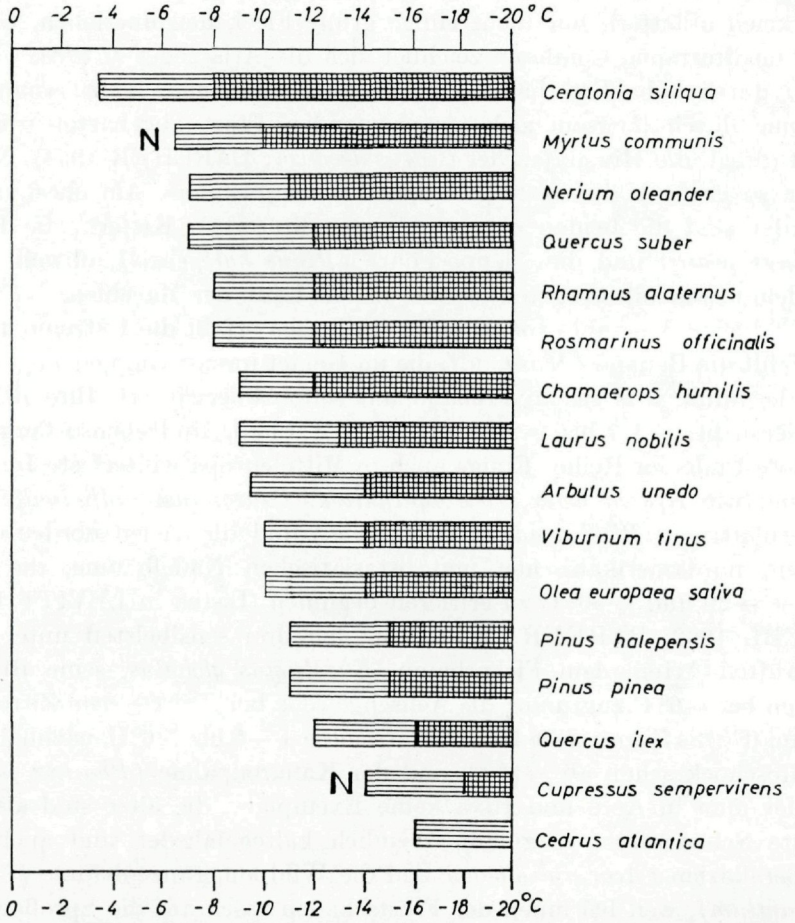


Abb. 10: Kälteresistenz der *Blätter immergrüner Holzpflanzen des Mittelmeergebietes* nach experimentellen Bestimmungen im Winter. Das linke Ende der Blöcke markiert die Temperatur, die gerade noch ohne Schaden überstanden wird. Im gekreuzt schraffierten Bereich ist das Laub erfroren. N bedeutet, daß hier (auch im Winter) zuerst die Nervatur erfriert.

Von den mediterranen Macchiensträuchern verträgt die Mehrzahl —7 bis —10° C, ohne nennenswerten Schaden zu erleiden. Nur die Blätter des Johannisbrotbaumes *(Ceratonia siliqua)*, dessen Heimat die wärmsten Regionen des Mittelmeergebietes sind, und die der Myrte *(Myrtus communis*, ebenso die var. *tarentina)* sind empfindlicher. Das kälte-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

resistenteste mediterrane Hartlaubgewächs scheint die Steineiche *(Quercus ilex)* zu sein, wogegen die Blätter der westmediterranen Korkeiche *(Quercus suber)* im Experiment wie im Freien ziemlich bald dem Frost erliegen: Die Steineichenblätter sind noch ganz gesund, wenn auf den Korkeichenblättern nur mehr einige grüne Fleckchen überleben. Unter den mediterranen Coniferen zeichnet sich die Atlaszeder *(Cedrus atlantica)* durch hohe Frosthärte aus, die noch zunehmen kann, wenn die Bäume durch langsam sich verschärfenden Frost abgehärtet worden sind (desgl. die Himalajazeder *Cedrus deodara*; LARCHER 1954). Nicht ganz so große Kälte verträgt *Cupressus sempervirens*. Am ehesten gefährdet sind die beiden untersuchten mediterranen Kiefern, die Pinie *(Pinus pinea)* und die Aleppo-Föhre *(Pinus halepensis)*, obwohl ihre Nadeln etwas kälterestistenter sind als das Laub der Macchien.

Die kleine Auswahl exotischer Parkpflanzen erfaßt die Extreme nicht. So fehlt die Banane *(Musa sp.)*, die im Gebiet immer von neuem gesetzt werden muß, weil sie im Freiland nur selten überwintert. Ihre Blätter erfrieren bei —1,5 bis —2° C (SHMUELI 1960). Und ebenso fehlt das andere Ende der Reihe: Einige auch in Mitteleuropa winterfeste Immergrüne (wie *Hedera helix*, *Ilex aquifolium*, *Laurocerasus officinalis*, die breitblättrigen *Rhododendron*-Arten u. a.) und die vielen nordeuropäischen, nordamerikanischen und ostasiatischen Nadelbäume, die erst unter —20 und —30° C zu erfrieren beginnen (Listen in LEVITT 1956, BIEBL 1962, PARKER 1963). Von den drei sensibelsten unter den geprüften Arten, dem Fieberbaum (*Eucalyptus globulus;* seine Blätter gehen bei —6° C zugrunde, die Achsengewebe bei —8° C), dem Zitronenbaum (*Citrus limon;* erste Laubverfärbung bei —5 bis —6° C, nachhaltiger Kälteschock schon ab —3° C) und der Kanarenpalme *(Phoenix jubae)* findet man in Arco und Riva keine Exemplare, die älter sind als der letzte Schadenfrost es zuläßt. Ziemlich kältegefährdet sind auch die Silberakazien *(Acacia dealbata)* und die Wildpomeranzenbäume *(Citrus aurantium)*, weil bei ihnen der Frostschaden rasch auf die Sproßachsen übergreift. Beim drüsigen Kampherbaum *(Cinnamomum glanduliferum)*, dessen Blätter zwar bald Flecken aufweisen, die aber nur langsam an Zahl und Ausdehnung zunehmen, dehnt sich hingegen der Schaden auch dann noch nicht auf Knospen und Rinde aus, wenn der Baum fast entlaubt ist. Die japanische Wollmispel *(Eriobotrya japonica)* ist so kälteresistent wie die mediterranen Sklerophyllen und völlig außer Gefahr sind in der Ölbaumregion die japanische Hanfpalme *(Trachycarpus fortunei)* und die aus den Südstaaten der USA stammende immergrüne Magnolie *(Magnolia grandiflora)*.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

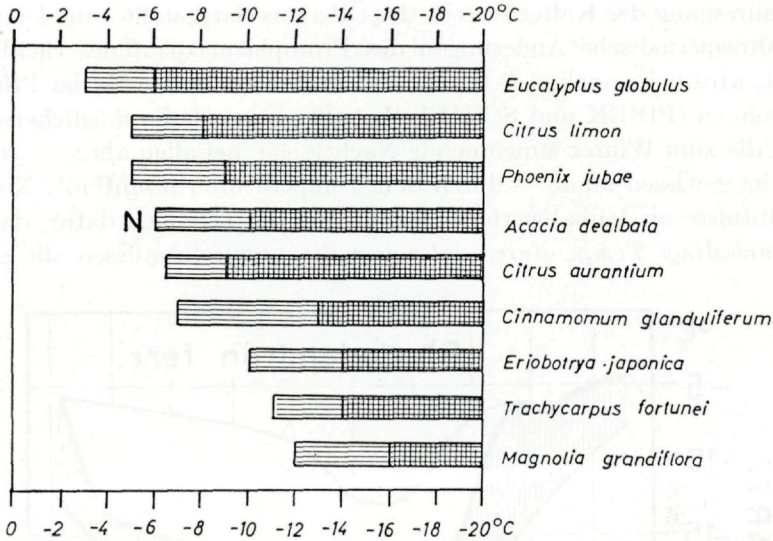


Abb. 11: Kälteresistenz der *Blätter immergrüner Bäume aus der warmgemäßigten und subtropischen Zone anderer Kontinente und der atlantischen Inseln* im Winter. Sonst wie Abb. 10.

Wie eingangs betont, gelten diese Angaben für Blätter und Zweige im Winter im Zustand höchster Abhärtung. Im Sommer würden dieselben reifen, einjährigen Blätter um 5° C *(Laurus, Arbutus, Olea, Nerium)* bis 9° C *(Quercus ilex* um 7°, *Cupressus* um 8°, *Cedrus* um 9°) früher erfrieren. Die *Jahresschwankung der Kälteresistenz* — in der Abb. 12 ist als Beispiel

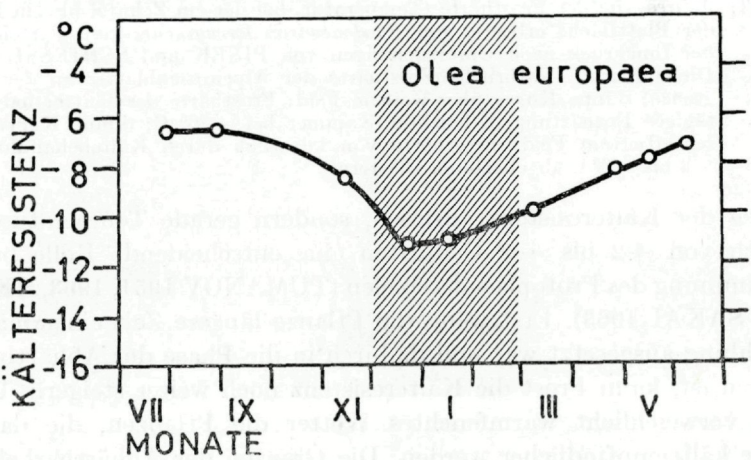


Abb. 12: Jahresgang der Kälteresistenz (tiefste vom Laub ungeschädigt überstandene Temperatur) des Kulturölbaums nach experimentellen Bestimmungen. Der Zeitraum mit Frösten in Arco ist schraffiert.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

der Jahresgang der Kälteresistenz des Ölbaums dargestellt - die letztlich auf jahresperiodische Änderungen des Protoplasmazustandes rückführbar ist, wird bei manchen Arten durch Impulse gesteuert, die der Pflanze innewohnen (PISEK und SCHIESSL 1947), bei anderen möglicherweise durch die zum Winter zunehmende Nachtlänge, bei allen aber — wenigstens im gewissen Maße — durch tiefe Temperaturen beeinflußt. Neuere Erkenntnisse an laubabwerfenden Holzpflanzen sprechen dafür, daß es *nicht unbedingt Temperaturen unter dem Eispunkt* sein müssen, die einen

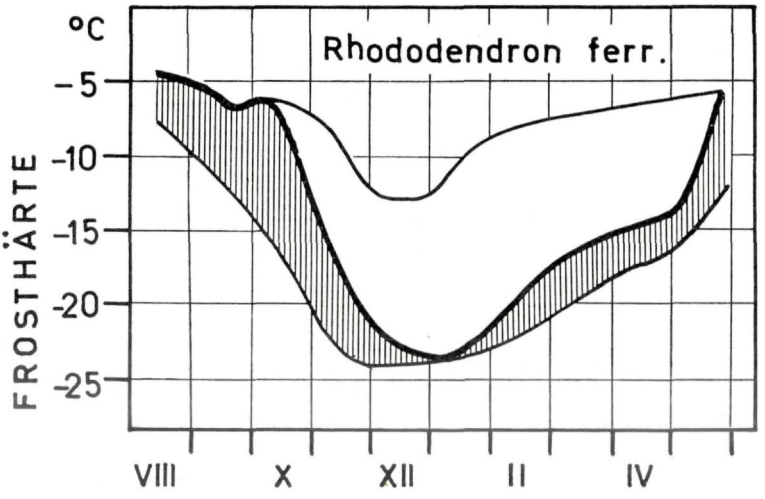


Abb. 13: Jahresgang der Frosthärte (Temperatur, bei der ein Zehntel bis ein Fünftel der Blattfläche erfriert) von *Rhododendron ferrugineum* vom Patscherkofel bei Innsbruck nach Untersuchungen von PISEK und SCHIESSL (1947). Dicke Kurve: Natürliche Frosthärte der Alpenrosenblätter an der Waldgrenze; dünne Kurve über weißem Feld: Frosthärte der Blätter nach dreitägiger Enthärtung in feuchter Kammer bei +20° C; dünne Kurve unter schraffiertem Feld: Frosthärte von künstlich durch Kältebehandlung bei −3 bis −6° C abgehärteten Blättern.

Anstieg der Kälteresistenz auslösen, sondern gerade Temperaturen im Bereich von +2 bis +5° C dürften eine entscheidende Rolle bei der Umstimmung des Protoplasmas spielen (TUMANOV 1951, 1963, HENKE 1962, SAKAI 1963). Erst wenn die Pflanze längere Zeit einer mäßigen Abkühlung ausgesetzt war und dadurch in die Phase der Abhärtbarkeit getreten ist, kann Frost die Kälteresistenz noch weiter steigern. Umgekehrt verweichlicht warmfeuchtes Wetter die Pflanzen, die dadurch wieder kälteempfindlicher werden. Die Grenzen der Abhärtbarkeit und Enthärtbarkeit von Blättern der Rostroten Alpenrose *(Rhododendron ferrugineum)* zeigt die Abb. 13 nach Ergebnissen von PISEK und

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

SCHIESSL (1947): Die dicke Linie markiert die normale Frosthärte der schneegeschützten Alpenrosenzweige an der Waldgrenze. Nach mehrtägiger Kälteeinwirkung (—3 bis —6° C) nimmt die Frosthärte im Herbst um 5 bis 10° und im Frühjahr um 2 bis 5° zu (schraffiertes Feld). Nur im Hochwinter, wenn die Pflanzen ohnehin schon maximal abgehärtet sind, ist eine weitere Steigerung der Resistenz kaum mehr möglich. Dafür kann um diese Zeit und nachher die Widerstandsfähigkeit sehr leicht verloren gehen, wenn die Zweige einige Tage bei guter Wasserversorgung in das 20° warme Zimmer gestellt werden (weißes Feld). Blätter dieser Zweige könnten im Winter bei —10 bis —12° C Frostschäden erleiden! Ungefähr bei dieser Temperatur kommen nach Untersuchungen von LEPEZ (1963) im Winter künstlich enthärtete Blätter von *Laurocerasus officinalis* (—11° C erste Schäden, —17° C Totalschaden) und *Hedera helix* (erste Erfrierungen bei —12° C) zu Schaden. An mediterranen Sklerophyllen konnte ich einen Resistenzabfall durch Wärmebehandlung der Zweige (4 Tage bei 20° C) im Ausmaß von 2 bis 3° C erzielen (LARCHER 1954). Einige Arten waren dann mitten im Winter fast so frostempfindlich wie im Sommer. Man darf sich also nicht wundern, wenn Pflanzen derselben Art in einem Gebiet mit mildem Winterklima eine geringere Kälteresistenz erwerben und nach einem Kälteeinbruch leichter erfrieren als in einem Gebiet mit von vorneherein kaltem Winter.

3. Die Frostschäden in den Anlagen von Arco und Riva im Winter 1955/56 und 1962/63

Nach beiden strengen Wintern habe ich den Umfang der Frostschäden mehrmals festgestellt: Etwa 14 Tage nach Abklingen der Kältewelle, während der Minima zwischen —9 und —10° C aufgetreten sind, ferner um die Osterzeit (Ende März 1956, Anfang April 1963) und schließlich einige Mal im Sommer, um zu kontrollieren, wie weitgehend sich die geschädigten Pflanzen erholen konnten. Im Winter 1962/63 suchte ich das Gebiet außerdem schon anfangs Januar 1963 auf. Die erste Frostperiode dieses Winters hatte mehrmals eine Abkühlung auf —4° C und einmal auf —5,5° C gebracht und auf den Blättern der empfindlichsten Arten Spuren hinterlassen.

3.1 Allgemeine Beobachtungen

Zur Zeit meines jeweils ersten Besuches waren die Winterschäden am Laub der Parkbäume und Ziersträucher in ihrer vollen Ausdehnung

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

sichtbar. Viele schwer geschädigte Blätter hafteten noch an den Zweigen und das abgeworfene Laub war selten weggeräumt. So konnten nicht dadurch Irrtümer in der Schadensbemessung entstehen, daß geschädigte Pflanzenteile nicht mehr auffindbar waren. Erfrierungen an Sproßachsen ließen sich schwer erkennen und ihr volles Ausmaß war erst zu Ostern abzuschätzen.

Im wesentlichen *verfärbten* sich die Blätter am Baum genauso wie die in der Kühltruhe gefrosteten. Bei manchen Arten waren die Flecken heller und fahler, weil Luft zwischen die abgestorbenen und geschrumpften Zellen eingedrungen ist. Auf den Blättern von *Myrtus*, *Eucalyptus*, *Bougainvillea*, *Citrus*-Arten, *Jasminum* und *Nerium* waren die Frostflecken gelblichweiß oder hellgrau. Auf den Oleanderblättern schob sich zwischen das luftinfiltrierte und das überlebende Blattareal noch ein schmales schwärzlichgrünes Band, in dem die Zellen ebenfalls tot sind, und das den von MOLISCH (1931) beschriebenen Todeszonen, die auf gewissen Blättern um Verbrennungen entstehen, auffallend ähnlich ist (siehe Tafel XVI, Bild b).

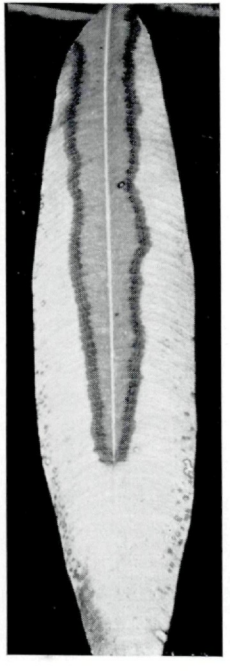
Auch die vier *Schadensbilder:* Nervaturschaden, Interkostalschaden, diffuser und zonaler Schaden waren in der Natur in typischer Weise anzutreffen, wo nicht die Lage der Erfrierungen auf dem Blatt in erster Linie durch Temperaturgradienten bestimmt wurde. Wo letzteres der Fall ist, sind ausschließlich die Spitzen der Blätter oder Nadeln und/oder der Blattrand erfroren (Tafel XVI b und XVII d). Blattspitze und -rand kühlen sich in wolkenlosen Nächten bekanntlich stärker ab, als die Mitte und die proximalen Teile der Spreite (näheres bei HUBER 1935, 1956, RASCHKE 1956, STEUBING und CASPERSON 1959, GEIGER 1961). Besonders bemerkbar macht sich diese Erscheinung auf allen gegen den freien Himmel ausstrahlenden Flächen: Auf Rasenflächen, im Saum dichter Kronen (Pinien), an der Oberfläche beschnittener Hecken und geformter Büsche (*Viburnum-*, *Evonymus-*, *Pittosporum-*, *Laurus*hecken und -kugelbüsche, siehe Tafel XVI, Bild a) oder auf einzelnen aus der Krone vorragenden Zweigen und Blättern (HUBER 1935, SCHUEPP 1948, SHMUELI 1960, GEIGER 1961).

3.2 Bericht über Schäden in beiden strengen Wintern

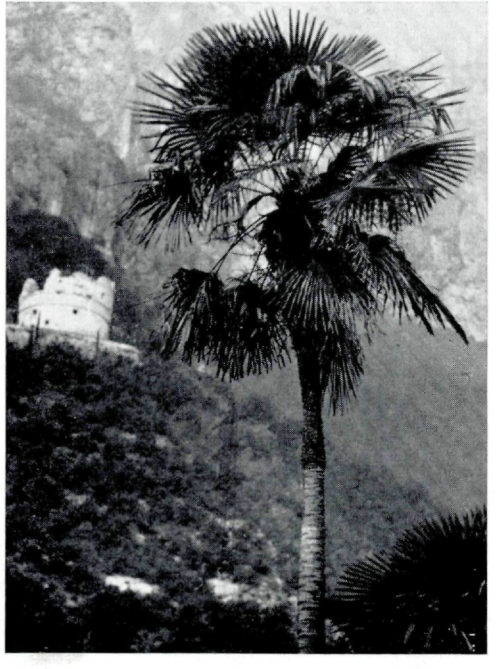
Die Angaben sind in dieser Reihenfolge angeordnet: Namen der Pflanze[1], Fundorte, typisches Schadenbild und beobachtetes durch-

[1] Die Pflanzen sind nach ihrer systematischen Stellung geordnet. Grundlage: PITSCHMANN und REISIGL (1959). Ein alphabetisches Register befindet sich auf Seite 198—199.

a



b



c

Bild a: Strahlungsfrostschaden auf einem Lorbeer-Kugelbusch. Die weiß erscheinenden Blätter sind erfroren.
Bild b: Diffuser Spitzen- und Blattrandschaden bei *Nerium oleander*.
Bild c: Eine japanische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) mit Frostschäden im distalen Bereich der älteren Fächer.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

TAFEL XVII

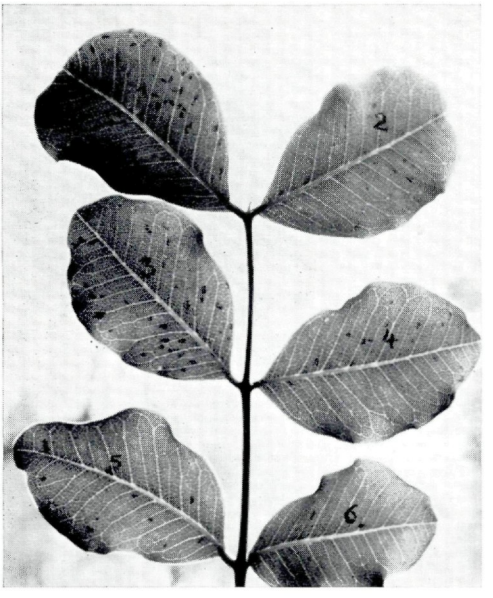


Bild a und b: Frostnekrosen auf Blättern des Johannisbrotbaumes (*Ceratonia siliqua*). Die dunkel erscheinenden Punkte bzw. Blattbezirke sind erfroren: Interkostalschadentyp.

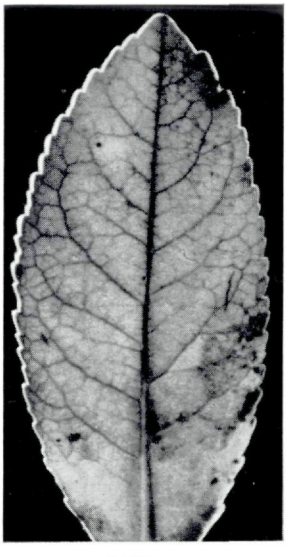


Bild c:
Nervaturschaden auf einem *Arbutus*-Blatt im Sommer.

Bild d:
Diffuse Spitzenfrostschäden auf *Arbutus*-Blättern im Winter.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

schnittliches Schadensausmaß, Spätfolgen, Verheilung des Schadens und Wiederherstellung erfrorener Kronenbereiche oder der ganzen Pflanze. Abschließend: Angaben in der Literatur über Frostschäden und sonstige Bemerkungen.

Die Abkürzungen für den Fundort bedeuten: A = Gärten und Parks von Arco, AE = ehemals erzherzoglicher Park in Arco, AS = städtische Anlagen von Arco, C = Park des Sanatorio del Clero (früher Villa Angerer) in Chiarano, R = Gärten und Parks von Riva, RS = städtische Anlagen von Riva (siehe Tafel XIV).

Für die vier Schadensbildtypen werden die Abkürzungen N (Nervaturschaden), I (Interkostalschaden), D (diffuser Schaden) und Z (Zonalschaden) verwendet.

Im Bericht sind nur immergrüne Holzpflanzenarten angeführt, u. zw. nur jene, an denen Kälteschäden aufgetreten sind.

Gymnospermae

Cycadinae

Cycas revoluta Thunb., Zapfenpalme

AS (vor Dom-Südfassade), C. Beide Exemplare ca. 1,50 m hoch. — D-Typ. Obwohl die Pflanze vor dem Dom mit Stroh abgedeckt war, sind alle Wedel erfroren. Die *Cycas* in Chiarano war ungedeckt, sie steht aber unter dem Kronenschirm hoher Bäume. Ein Wedel in Bodennähe mit leichtem Schaden, alle übrigen Wedel tot. Beide Stücke haben ihr Blattwerk bis zum Sommer aus der Terminalknospe regeneriert — GLONTI u. SABATIN (1952): In Batum 1949/50 bei —8,6° C einzelne Stücke bis zum Boden zurückgefroren, die meisten aber nur mit mäßigen Laubschäden.

Coniferae

Araucaria araucana Koch, Chiletanne

A, R. Exemplare zwischen 2 m und 15 m. — D-Typ. Nur in Bodennähe vereinzelt Bräunungen auf Blattspitzen. Keine spätere Ausdehnung der Schäden — GOLA (1929): in Padua 1928/29 bei —14° C keine erwähnenswerten Schäden.

Araucaria exselsa R. Br., Norfolktanne, „Zimmertanne"

RS (Spiaggia degli Olivi); ca. 1,50 m hohe Pflanze unter dicht stehenden Pinien. — D-Typ. Etwas stärker geschädigt als *A. araucana*, aber nicht mehr als ein Zehntel der Blattmasse abgestorben.

Sequoia sempervirens Endl., Redwood

AE, (über 20 m hoher Baum). — Offenbar N-Typ, denn stets ganze Triebstücke oder Nadeln hatten sich verfärbt (siehe *Pistacia* und *Myrtus*). Schäden sehr gering weniger als ein Zehntel der Benadelung tot — DUFFIELD (1956): An der pazifischen Küste des Staates Washington schwerste Schäden nach Novemberfrösten bis —14° C.

Cupressus macrocarpa Hartw., Monterey-Cypresse

A, AS, AE, C. — N-Typ. Sehr uneinheitliche, im allgemeinen geringe Schäden. — GOLA: In Padua bei —14° C totaler Laubverlust, geringe Holzschäden an Zweigspitzen. GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C erste Schäden·

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Pinus pinea L., Schirmpinie

A, R. — Im Gebiet nur Strahlungsfrostschäden, selten Z-Typ. Nur in den ungünstigsten Lagen minimale Erfrierungen an Nadelspitzen im Kronensaum. Im Mai beginnende Metakutinisierung und manchmal Bildung eines Abschlußgewebes an der Grenze zwischen lebendem und totem Mesophyll. Frostgeschädigte Nadeln werden nicht sofort abgeworfen, erst im Laufe des Sommers „mausert" sich der Baum — PFAFF (1929): In Bozen 1928/29 bei —15 bis —18° C schwere Schäden, nachher aber wieder Knospenaustrieb.

Pinus halepensis Mill., Aleppo-Föhre

A, C, R. — Schäden wie *Pinus pinea*.

Angiospermae

Monocotyledones

Phoenix dactylifera L., Echte Dattelpalme

AS (junges Exemplar vor der Südfassade des Domes). — Obwohl die Pflanze eingewickelt war, sind alle Wedel erfroren. Keine Regeneration. — SAUVAIGO (1929): An der französischen Riviera haben Dattelpalmen —8 bis —10° C überlebt; MASON (1925): Am Golf von Mexiko Dattelpalmen bei —7° C ohne Schaden.

Phoenix jubae Webb., Kanarenpalme

A, RS (alles junge Pflanzen) — Trotz Hochbinden der Wedel und Umhüllung mit Stroh Totalschaden. Ein Exemplar im Stadtpark von Riva regenerierte aus der Terminalknospe. — *Phoenix jubae* hält man für frosthärter als die echte Dattelpalme. Im Gardaseegebiet wird dieser Unterschied nicht sichtbar. Es mag hier mitspielen, daß der Kalkboden der Kanarenpalme nicht zusagt. — PENZIG (1893): Im Winter 1892/93 in Genua bei —6° C nur in ungünstigen Lagen leichte Schäden; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C hohe Palmen mit geringen Schäden, kleine Palmen z. T. total erfroren.

Jubaea spectabilis H. B. et K., Chilenische Kokospalme

C (Zwei 15 bis 18 m hohe Palmen ohne jeden Frostschutz). — Alle älteren und rund die Hälfte der jüngeren Fiederblätter sind erfroren, nur die noch nicht entfalteten innersten Wedel blieben ungeschädigt. Im Laufe des Sommers Regeneration vom Vegetationspunkt aus. — PENZIG: Bei —6° C in Genua mäßiger Schaden; SAUVAIGO: An der französischen Riviera überlebt *Jubaea* —10 bis —12° C Kälte; SAAKOV (1952): An der Schwarzmeerküste mehrfach bei —7° C ohne erwähnenswerte Schäden; ODISHARIJA (1952): In Suchum hat eine Allee von 10 bis 12 m hohen Bäumen —11,8° C überstanden.

Butia bonnetti Becc. (syn. *Cocos australis* Mart.), Brasilianische Kokospalme

AS (kleines Exemplar vor Südwand des Domes). — Die Wedel waren hochgebunden und die ganze Pflanze mit Strohkegel überdacht. Deshalb sind nur die äußersten Wedel erfroren. Die Pflanze hat sich im Laufe des Sommers völlig erholt. — SAAKOV: An der Schwarzmeerküste wiederholt —7° C ertragen; ODISHARIJA: —10° C in Suchum überlebt.

Washingtonia filifera Wendl., Kalifornische Sumpfpalme

AS (kleines Exemplar vor der Südwand des Domes). — Schäden in Arco wie bei *Butia bonnetti*. — 15 m hohe *Washingtonia*-Palmen in Fasano mit unbedeutendem Schaden an Wedelspitzen, eine ebenso große *Washingtonia* in Gardone

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

war stärker geschädigt (alle Fächer zur Hälfte erfroren). — SAUVAIGO: *Washingtonia* hält an der Riviera —6 bis —8° C aus; SAAKOV: In Tiflis bei —6° C ohne Schaden, bei —14° C tot. ODISHARIJA: Kleine Stücke in Suchum haben —7° C, 15- bis 18jährige haben —9,5° C überlebt; GLONTI u. SABATIN: Bei —8,6° C in Batum Totalschaden.

Erythea armata Wats.

AS (kleines Exemplar vor dem Dom), C (ca. 5 m hohe Palme). — Die kleine Palme vor dem Dom war mit Stroh abgedeckt und blieb abgesehen von Bräunungen an den Fransen der Wedel intakt. Die Palme in Chiarano steht unter dem Kronendach eines hohen Kampherbaumes. Ältere herabhängende Fächer sind zur Hälfte tot, horizontal ausladende und junge, noch nicht entfaltete Wedel nur an den Spitzen leicht gebräunt. Diese kühlen sich zweifellos so wie schmale lange Blätter und Blätter mit zerteilter Spreite stärker ab (nach STEUBING u. CASPERSON 1959 bis zu 2° kälter!) als der zusammenhängende Bereich des Fächers. — SAUVAIGO: *Erythea* an der Riviera bei —6° C ohne Schaden; GLONTI u. SABATIN: Bei —8,6° C nur unbedeutende Schäden in Batum; ODISHARIJA: —11,8° C in Suchum überlebt.

Trachycarpus fortunei Wendl., Japanische Hanfpalme

A, R. — Schaden: Dunkelbraune Verfärbung der Mesophyllstreifen zwischen den Nerven. Nur in ungünstigen Lagen nennenswerte Schäden. Am ehesten sind die untersten alten Fächer im geteilten Spreitenbereich erfroren (siehe Tafel XVI, Bild c). — Die Japanische Hanfpalme eignet sich, wie überhaupt die Palmen (PARKER 1963, S. 133: "Exotic palms often act as winter temperature indicators"), vortrefflich als Zeigerpflanze für frostgefährdete Lagen. Die Kälteschäden sind leicht zu erkennen, sie schreiten mit zunehmender Abkühlung graduell fort und die individuelle Streuung ist gering, obwohl die Pflanze zweihäusig ist. — GOLA: In Padua bei —14° C vier von zehn Hanfpalmen vollständig tot, bei den übrigen totaler Laubverlust, die Knospe blieb aber am Leben; PFAFF: In Bozen (1928/29) bei —15 bis —18° C Laub erfroren, Vegetationspunkte am Leben geblieben; SCHIERELI (1950): In Tiflis 1948/49 bei —13° C geringe Schäden; ODISHARIJA: An der pontischen Küste, wo gelegentlich Minima bis —18° C vorkommen, gibt es 70jährige Exemplare.

Chamaerops humilis L., Zwergpalme

A, C, R. — Schaden: Gelblichbraune Verfärbung der Mesophyllstreifen zwischen den Nerven. Die einzelnen Individuen sind auffallend verschieden frostempfindlich: Von völliger Schadensfreiheit bis zum Totalschaden findet man alle Übergänge. Unversehrte Pflanzen sind selten, durchschnittlich ist ein Viertel bis die Hälfte der Laubmasse erfroren. Hervorragendes Regenerationsvermögen durch rasches und kräftiges Austreiben von Terminal- und Basalknospen. — BEGUINOT (1922): *Chamaerops* übersteht im Mittelmeergebiet —8° C, selten —10° C ohne bedeutenden Schaden; GOLA: In Padua bei —14° C alle nicht abgedeckten Stücke samt Knospen erfroren; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C geringe Laubschäden; ODISHARIJA: Überlebt an der pontischen Küste —12° C.

Phyllostachys mitis Riv., Chinesischer Bambus

A, C. — Nur in ungünstigen Lagen Spitzen der Blättchen erfroren.

Cordyline-Arten, Schopflilien

AS, RS (alles 1,50 bis 3 m hohe Pflanzen). — Die Blattschöpfe waren zusammengebunden. Trotzdem ist der Großteil der Blätter, gelegentlich auch der Sproßvegetationspunkt, erfroren. — GLONTI u. SABATIN: *C. australis* Hook u. *C. banksii* Hook in Batum bei —8,6° C in ihren oberirdischen Teilen erfroren, Neuausschlag.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Agave-Arten

A, R. — D-Typ, häufig Spitzenschäden. Ältere Blätter sind auffallend stärker betroffen als die jüngeren. Die meisten Pflanzen haben ein Drittel bis ein Viertel ihres Blattareals eingebüßt, selten mehr. Im Mai befindet sich Wundkork an der Grenze zwischen lebendem und totem Gewebe. Regeneration durch Entfaltung neuer Blätter. Hauptvegetationspunkt intakt. — MOLISCH (1897): *Agave americana* L. im Experiment bis —7° C ohne Schaden abgekühlt; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C *A. americana* L. mit geringen Schäden, *A. americana* var. *marginata* Hort. u. *A. mitriformis* Jac. zugrunde gegangen.

Musa ensete Gmel., Zierbanane

AS. — Alle Stauden sind umgekommen. — SAUVAIGO: *Musa paradisica* L. erfriert bei .2° C; SHMUELI (1960): *Musa cavendishii* Lamb.: Blätter erfrieren bei —2° C; bei —5° C Stauden in allen Teilen tot (OPPENHEIMER 1949); GLONTI u. SABATIN: *Musa basjoo* Sieb. in Batum bei —8,6° C in ihren oberirdischen Teilen erfroren, Regeneration durch Ausbildung basaler Schößlinge.

Dikotyledonae

Quercus suber L., Korkeiche

AS, AE, C (8 bis 12 m hohe Bäume) — I-Typ. Fast jedes Blatt mit Frostschaden, der im Durchschnitt ein Drittel der Spreite erfaßt. Die geschädigten Blätter sind sehr gleichmäßig in der ganzen, lockeren Krone verteilt. Kein vorzeitiger Laubabwurf, normaler Austrieb im Frühjahr. — SCHIERELI: In Tiflis bei —13° C mäßige Laubschäden an einzelnen Exemplaren, aber auch Achsenschäden im Kronenbereich.

Ficus pumila L., Kletterfeige

R (Auf der Mauer am Westkai, geschützte Lage!), C (exponiert). — D-Typ, manchmal bräunlicher Anflug auf Blattoberseite (Epidermisschaden). In geschützter Lage schadenfrei. Blätter aufrechter oder von der Unterlage abstehender Zweige und bodennaher Sproßabschnitte mit geringfügigen Spitzennekrosen (ein Zehntel bis ein Fünftel der Fläche). Die Blätter der kletternden Sprosse scheinen resistenter zu sein als die größeren Folgeblätter auf fruktifizierenden Achsen. — GOLA: In Padua bei —14° C ganz erfroren; SAUVAIGO: Die Pflanze hält an der Riviera bis —10° C aus.

Bougainvillea spectabilis Willd.

AS (durch Strohmatten abgedeckte Pflanzen an der Domfassade). — D-Typ Ende Dezember 1962 nach Kälte bis —5,5° C waren zugedeckte Blätter gesund, aus den Strohmatten herausragende Blätter tot. Während des strengen Frostes im Januar 1963 sind auch die Sproßachsen bis zum Boden zugrunde gegangen. Im Frühjahr kräftiger Ausschlag vom Wurzelhals. Im August sind bereits 4 m lange blühende Triebe vorhanden. — OPPENHEIMER: *Bougainvillea glabra* im israelischen Küstenland bei —5° C mit schwersten Schäden.

Magnolia grandiflora L., Immergrüne Magnolie

A, C, R. — D-Typ, außerdem epidermale Bräunungen. Zur Schädigung kommt es nur in ungünstigen Lagen (Magnolienallee in Arco, einige exponierte Bäume in C). Die geschädigten Blätter werden bald abgeworfen, im Sommer haftet keines davon mehr am Baum. Bedeutendere Schäden (ein Fünftel bis ein Drittel aller Blätter mit kastanienbraunen Flecken) im Bereich von Kaltluftströmungen. *Magnolia grandiflora* eignet sich gut als Zeigerpflanze für stärker gefährdete Lagen. — GOLA: In Padua bei —14° C teilweise Braunverfärbung der Blätter, besonders der zweijährigen. SAUVAIGO gibt —12° C bis —15° C als Resistenzgrenze an.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Laurus nobilis L., Lorbeer

Gepflanzt und verwildert (wildwachsend?) allgemein verbreitet. I-Typ, bei überwiegend Strahlungsfrost flächenhafte rostbraune Verfärbung der Blattspitze. Im Winter 1955/56 ist durchschnittlich ein Fünftel bis ein Drittel der Laubmasse freistehender Büsche erfroren, im Winter 1962/63 gab es geringere Schäden (im Durchschnitt unter einem Fünftel Laubverlust). Männliche Büsche und solche mit breiten dunklen Blättern sind widerstandsfähiger als weibliche Büsche und solche mit schmalen, leicht gewellten Blättern. Jungpflanzen, Hecken und geformt beschnittene Büsche, deren letzter Zuwachs (Johannistrieb und späte Sommertriebe nach Beschnitt, vgl. auch MÜNCH 1928) vor Beginn des Winters nicht ausreifen konnte, sind regelmäßig am schwersten betroffen (siehe Tafel XVI, Bild a). — GOLA: In Padua bei —14° C totaler Laubverlust, unbedeutende Achsenschäden an Triebspitzen; SCHIERELI: In Tilfis bei —13° C völliger Laubverlust und leichte Achsenschäden im Kronenraum, bei —17° C (1934/35) Büsche bis zum Boden erfroren, dann Neuausschlag vom Wurzelhals; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C geringe Schäden im Laub; SAKAI (1962): Im Januar maximal abgehärtete Blätter bei —15° C im Experiment noch ohne Schaden.

Laurus canariensis W. et B., Kanarischer Lorbeer

AE, C. — Schäden wie *Laurus nobilis*.

Cinnamomum camphora Nees, Echter Kampherbaum

AE. — N-Typ. Der Blattstiel ist besonders empfindlich. Obwohl auf den Blättern nur ein kleiner Teil der Spreite verfärbt war, verlor der Baum fast sein gesamtes Laub. Im Frühjahr erfolgte vollständige Neubelaubung. — GOLA: In Padua bei 14° C bis zum Boden zurückgefroren, später Stockausschläge; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C mäßige Schäden im Laub; KUSUMOTO (1959): Nach experimenteller Frostung bei —6° C schwere Erfrierungen an den Stielen und mittlere auf der Spreite.

Cinnamomum glanduliferum Wall., Drüsiger Kampherbaum

AS, AE, C, R. — I-Typ. Alle älteren Blätter sind zur Hälfte gebräunt, die jüngeren nur punktweise oder an der Spitze. Im Durchschnitt ein Drittel bis die Hälfte des Laubes mit Frostschäden. Stärker (ab ca. ein Drittel der Fläche) geschädigte Blätter fallen bald ab. Im Frühjahr normaler Austrieb. — SCHIERELI: Bei —13 bis —15° C in Tiflis samt Wurzel erfroren.

Stauntonia hexaphylla Decne.

C (im Schutze einer Mauer). — D-Typ. Ein kleiner Teil der Blätter mit Spitzenschäden, der Rest gesund.

Pittosporum tobira Ait., Klebsame

A, R. — D-Typ. Nur als Hecke mit mäßigen Strahlungsfrostschäden. — GOLA: Schwerste Laubschäden bei —14° C in Padua; SCHIERELI: mäßige Laubschäden bei —13° C in Tiflis.

Photinia serrulata Lindl., Glanzweißdorn

A, R. — D-Typ. Minimale Schäden; allenfalls verfrühte Rotfärbung der Blätter und Laubfall, der normalerweise erst im Frühjahr zugleich mit dem Neutrieb einsetzen würde. Viele Bäume blieben unbehelligt. — GOLA notiert mittlere Blattschäden bei —14° C, SAUVAIGO gibt an, daß der Glanzweißdorn an der Riviera —8 bis —10° C anstandslos übersteht.

Eriobotrya japonica Lindl., Japanische Wollmispel

A, R. — D-Typ, Schäden meist an Blattspitze und -rand beginnend. Alle Blüten tot, ein Drittel bis die Hälfte der zweijährigen Blätter ist ganz oder zur Hälfte

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

braunschwarz, die reifen Blätter des letzten Jahrganges sind in der Regel schadenfrei. Kein Baum im Gardaseegebiet zeigt so stark unterschiedliche Kälteresistenz verschieden alter Blätter wie die Wollmispel. — GOLA: In Padua bei —14° C völlige Entlaubung, Kambium der Achsen stellenweise gebräunt; SCHIERELI: Mittlere Laubschäden bei —13° C in Tiflis; GLONTI u. SABATIN: Bei —8,6° C in Batum unbedeutende Schäden.

Laurocerasus lusitanicus L., Atlantischer Kirschlorbeer

A, C, R. — D-Typ, Spitzenschäden, und zwar nur an Hecken und geformt beschnittenen Sträuchern und Bäumen.

Acacia dealbata Linl., Silberakazie

A, R. — N-Typ. Im Dezember 1962 noch kein Schaden (—5,5° C). In beiden strengen Wintern sind Blüten, Blätter und Astwerk gänzlich erfroren. Im Sommer 1956 hat ein großer Teil der Bäume aus schlafenden Augen ausgetrieben. Die Schäden des Winters 1962/63 scheinen schwerer zu sein, denn im Sommer danach erholten sich nur wenige Bäume. — Die kalkmeidende Silberakazie ist auf Kalkböden ganz allgemein empfindlicher als auf Silikatboden (z. B. an der französischen Riviera; SAUVAIGO bezeichnet sie dementsprechend als "tres rustique", was sie im Gardaseegebiet bestimmt nicht ist!). — GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C teils leichte Laubschäden, teils Bäume bis zum Boden erfroren, also große individuelle Streuung. Alle Exemplare haben wieder ausgeschlagen.

Acacia retinodes Schlecht. (syn. *A floribunda*, *A. semperflorens* hort.)

AS (2 bis 3 m hohe Bäumchen im Kurpark). — Mäßiger Schaden an den Spitzen der Phyllodien. Holz und Knospen unversehrt. *A. retinodes* gehört mit *A. melanoxylon* R. Br. nach SAUVAIGO zu den winterfesteren Acacienarten. Beide sind außerdem kalktolerant. — GLONTI u. SABATIN: In Batum die gleichen Frostschäden an *A. retinodes* wie an *A. dealbata*.

Ceratonia siliqua L. Johannisbrotbaum

AS (kleines Bäumchen unter Strohkegel am Kurpark). — I-Typ (siehe Tafel XVII, Bilder a und b). Im Dezember 1962 (—5,5° C) aus der Strohhülle vorragende Blätter zu ein Halb bis drei Viertel der Fläche tot. Im Januar 1963 sind alle Teile der Pflanze umgekommen. Keine Regeneration. — PENZIG nennt *Ceratonia* und *Myrtus* als die nach einem Frost von —6° C in und um Genua am stärksten geschädigten spontan vorkommenden Pflanzen. GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C bis zum Boden zurückgefroren, dann aber Stockausschlag.

Citrus aurantium L., Pomeranzenbaum

A, AS, R (alles 3 bis 4 m hohe Spalierbäume) — D-Typ. Im Dezember 1962 (—5,5° C) gab es einige Spitzenfrostschäden auf Blättern an exponierten Zweigen. In beiden strengen Wintern sind alle im Freien stehenden Pomeranzenbäume bis zum Stamm oder — wie jene vor dem Dom —, bis zum Wurzelhals zurückgefroren. Dank des ausgezeichneten Regenerationsvermögens erfolgte rasche Wiederherstellung durch Stockausschläge. Diese waren im Mai schon einige Dezimeter lang. Ende des Sommers hatten die Neutriebe über 1 m Länge. Zur Wiederherstellung ihrer ursprünglichen Höhe benötigten die Bäume nach dem 1956er Frost drei Vegetationsperioden. Von allen im Mediterrangebiet kultivierten Citrusarten besitzt *C. aurantium* das beste Ausschlagvermögen. Sie ist deshalb die einzige *Citrus*art, die im nördlichen Gardaseeraum mit leidlicher Aussicht auf Erfolg im Freien gepflanzt werden kann. — Die Pomeranze gehört aber auch zu den kälteresistenteren unter den Agrumen. OPPENHEIMER (1949) reiht diese nach seinen Beobachtungen im kalten Winter 1948/49 folgendermaßen: Am widerstandsfähigsten: Kumquat (*Fortunella*-Arten); etwas weniger resistent: Pomeranze, Mandarine, Clementine; noch weniger: Apfelsine und Grapefruit;

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

am empfindlichsten: Limette und Zitrone. Nach SAUVAIGO halten Pomeranzenbäume längere Zeit −5 bis −6° C aus, ohne zugrunde zu gehen. Für die wichtigsten Arten geben KOTSCHERSHENKO, CHOLODNY u. SHUMAKOVA (1951) nach Beobachtungen von SELJANINOV und anderen Autoren als Resistenz an: *Citrus limon* (L.) Burm. verliert die Blätter bei −5 bis −6° C, bei −7 bis −8° C erfrieren die Äste und unter −8° C auch der Stamm; für *Citrus sinensis* Osb. liegen die entsprechenden Werte um ein Grad und für *Citrus reticulata* Blanco um ein weiteres Grad tiefer. Demnach sind erste Schäden in den Sproßachsen von *Citrus reticulata* und ebenso von *C. aurantium* bei −7 bis −8° C, Verlust größerer Äste bei −10 bis −11° C und das Erfrieren der gesamten oberirdischen Teile bei −12° C zu erwarten.

Skimmia japonica Thunb.

A, R. — Unbedeutende Schäden auf Blattspitzen.

Pistacia lentiscus L., Mastixstrauch

AE (verwilderte, bis 1,50 m hohe Sträucher) — N-Typ. Die Blätter sind infolge Anthocyananreicherung häufig rot, sie sind aber nur selten frostgeschädigt. Wo Schäden vorkommen, gibt es nur völlig intakte oder auf ihrer ganzen Fläche erfrorene Blattfiedern. Das ist bezeichnend für Blattschäden vom Nervaturtyp.

Schinus molle L., Peruanischer Pfefferbaum

AS, RS (je ein 2 m hohes Bäumchen unter Strohhülle) — N-Typ. Im Dezember 1962 sind Blätter auf nicht umhüllten Zweigen nach Nervaturschaden vertrocknet. Im Januar 1963 sind beide Exemplare umgekommen. Keine Regeneration. — OPPENHEIMER: Bei −5° C noch kein Schaden.

Evonymus japonica Thunb., Japanischer Spindelbusch

A, C, R, meist als Hecke. — D-Typ. Im Winter 1955/56 vereinzelt unbedeutende, 1962/63 keine Schäden. Der Japanische Spindelbusch wird in feuchten Jahren von Mehltau befallen. Der Sommer 1955 war feucht, der Sommer 1962 extrem trocken. — GOLA: In Padua bei −14° C leichte Schäden.

Rhamnus alaternus L., Macchienkreuzdorn

AE (bis ¾ m hohe verwilderte Büsche) — D-Typ. Unabhängig vom Alter fast alle Blätter mit schwarzvioletten Flecken von geringer Flächenausdehnung und Eindringtiefe (meist nur die Epidermis, manchmal auch die obere Palisadenparenchymschicht erfroren). Erhebliche individuelle Streuung des Schadensausmaßes. Im Durchschnitt ein Fünftel bis ein Drittel der Blätter mit Frostflecken. — SCHIERELI: In Tiflis bei −13 bis −15° C meiste Pflanzen nur mit Laubschäden, einzelne aber auch mit schweren Achsenerfrierungen.

Camellia japonica L., Kamelie

C (4 m hoher Baum im Schutz großer Magnolienbäume, sonst nur kleine, auf dem Kalkboden kümmernde Sträucher) — D-Typ. Großteil der Blätter ohne Schaden. Wo solcher vorkommt, ist er auf Blattspitzen und -rand beschränkt. Schon nach dem kleinsten Kälteschaden wird das Blatt abgeworfen. Im März blühten die Pflanzen reichlich.

Passiflora-Arten, Passionsblume

A, R. — Alle Exemplare bis zum Grund erfroren, keine Regeneration.

Opuntia-Arten, Feigenkaktus

AS, R. — D-Typ. Die Erfrierungen erfassen ein Drittel bis die Hälfte der Oberfläche der Sproßglieder und sie dringen tief in das Gewebe der fleischigen Flachsprosse ein. Bis Mai hat sich das lebende Gewebe durch Wundkork abgenarbt. — OPPENHEIMER: *O. ficus indica* Mill. bei −5° C schadenfrei.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Myrtus communis L., Myrte

A, AE, C. — N-Typ. Dezemberfrost 1962 gut überstanden. Nach strengem Frost schwere Schäden (die Hälfte bis drei Viertel aller Blätter tot). Blätter mit Teilschaden sind sehr selten; entweder ist das ganze Blatt am Leben geblieben oder es vertrocknete, nachdem der Hauptnerv erfroren ist. Die abgestorbenen Blätter sind braun und fallen nicht ab. — PENZIG: In Genua bei —6° C schwere Schäden; SAUVAIGO: An der Riviera hält die Myrte —5 bis —6° C aus; SCHIERELI In Tiflis bei —13 bis —15° C samt Wurzel zugrunde gegangen.

Myrtus communis var. *tarentina* L., Kleinblättrige Myrte

A, C, RS. — N-Typ. Schäden wie bei der typischen Form.

Eucalyptus globulus Labill., Fieberbaum

C (mehrere freistehende 3 bis 5 m hohe Bäumchen von 4 bis 5 cm Stammdurchmesser) — D-Typ. Im Dezember 1962 (—5,5° C) Spitzenschäden. Stengelumfassende Jugendblätter empfindlicher als sichelförmige Altersblätter. Im Januar 1963 bis zum Boden erfroren. Keine Regeneration. Auch drei 10 m hohe Fieberbäume bei Toscolano sind erfroren. — PENZIG: Bei —6° C in Genua alle Blätter erfroren; SAUVAIGO: *E. globulus* hält an der Riviera —5 bis —6° C aus; GLONTI u. SABATIN: Bei —8,8° C einschließlich Wurzel tot. Nach PILIPENKO (1950) fällt *E. globulus* so wie andere besonders kälteempfindliche Tieflandeucalypten (*E. camaldulensis* Dehn, *E. dealbata* Cunn., *E. deanei* Maiden, *E. maidenii* Muell., *E. regnans* Muell., *E. umbellata* Dum.-Cours., *E. unialata* Baker et Smith, u. a.) schon bei —7 bis —9° C dem Frost zum Opfer.

Eucalyptus viminalis Labill., Weideneucalyptus

C (ca. 3 m hohe, freistehende Bäumchen) — D-Typ. Im Dezember 1962 Anthocyananreicherung in den Blättern, aber keine sichtbaren Frostschäden. Im Januar 1963 ist das ganze Laub erfroren. Reserveknospen, Rinde und Kambium der Stämmchen leben aber noch größtenteils. Um Ostern beginnen Knospen im Bereich der unteren Stammhälfte auszuschlagen. Im August sind viele 60 bis 70 cm lange Neutriebe vorhanden. Die Blätter auf den Schößlingen sind chlorotisch, was vielleicht darauf zurückzuführen ist, daß der Boden in Arco für *Eucalyptus* zu kalkreich ist. Dank der höheren Kälteresistenz der Reserveknospen und dank des vorzüglichen Regenerationsvermögens hat *Eucalyptus viminalis* den Winter besser überstanden als *E. globulus*. In Zukunft muß sich zeigen, ob sich aus den völlig verstrauchten Pflanzen wieder eine Baumform erziehen läßt. — SAUVAIGO zählt *E. viminalis* zu den Eucalyptusarten, die in den kalten Randlagen des Mediterrangebietes am ehesten durchhalten; FOURNIER (1946) gibt für *E. viminalis* eine Kälteresistenz von —10 bis —11°C an; PILIPENKO: *E. viminalis* gehört mit *E. antipolitensis* Trabut, *E. cinerea* Muell., *E. gigantea* Hook, *macarthurii* Deane et Maiden, *E. niphophila* Maiden et Blak., *E. nitens* Maiden, *urnigera* Hook, u. a. zu den kältebeständigsten immergrünen baumförmigen Eucalypten, die in ihrer Heimat in Meereshöhen zwischen 1000 und 2000 m vorkommen. Größere Bäume dieser Art haben an der Schwarzmeerküste —11 bis —12° C überlebt, die besonders winterfesten russischen Züchtungen *E. batumiensis* Pilip., *E. georgica* Pilip., *E. sochiensis* Pilip., und einige Kreuzungen überdauerten sogar Fröste von —13 und —14° C.

Hedera canariensis Willd., Kanarischer Efeu

C (auf süd- und ostexponierten Mauern). — D-Typ. Auf einigen Blättern Rand- und Spitzenschäden, ca. ein Zehntel der Spreitenfläche erfassend.

Cornus capitata Wall., Erdbeerhartriegel

AE, C, R (teils frei, teils unter Kronenschutz höherer Bäume stehende 10 bis 12 m hohe Exemplare) — D-Typ. Im Dezember 1962 kein Schaden. Nach beiden strengen Wintern alle Blätter mit beachtlichen Erfrierungen: Nur mehr kleine

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Spreitenbezirke und ein Teil der Nervatur waren noch grün. Geschädigte Blätter lösen sich bald vom Zweig, so daß sich *Cornus capitata* wie ein laubabwerfender Baum verhält. Im Frühling normaler Laubaustrieb.

Arbutus unedo L., Erdbeerbaum

AS, AE (große verwilderte Büsche), RS (einige ca. 10 m hohe Bäume). — D-Typ im Winter, nur im Sommer N-Typ (siehe Tafel XVII). Im Winter 1955/56: ein Drittel bis die Hälfte aller Blätter mit Rand- und Spitzenschäden. Im Winter 1962/63 blieben viele Sträucher schadenfrei. Erfrierungen sind hauptsächlich auf die Spitzen der älteren Blätter und auf unausgereifte Blätter beschränkt. Teilgeschädigte Blätter verbleiben am Baum. — In beiden Wintern sind die Infloreszenzen und unreifen Früchte dem Frost erlegen. — GOLA: In Padua schwerste Laubschäden bei —14° C; GLONTI u. SABATIN: Belanglose Schäden bei —8,6° C in Batum.

Olea europaea L. ssp. *sativa* Hoff. et Link, Kulturölbaum

A, R, Ölgärten in der Umgebung bis 250 m über dem Meere. — Schadenbild: Zuerst auf die Epidermis, allenfalls auf die oberste Palisadenschicht beschränkte Bräunung, später diffuse Schädigung vom Blattrand zum Hauptnerv fortschreitend (vgl. Fotos von verschiedenen Schädigungsgraden bei SCARAMUZZI und ANDREUCCI 1957). Schäden: In nicht extremer Lage (im Ortsbereich von Arco und Riva, auf dem Mte. Brione, auf den Hängen westlich von Riva und auf den Hängen oberhalb der Strecke Varone—Ceole—Varignano—Chiarano) durchschnittlich weniger als 30% Laubverlust. In ungünstiger Lage (Oltresarca—Bolognano—Nago, Nago—Torbole, in der Campagna) durchschnittlich über 50% Laubverlust. Es gab hier auch Bäume, deren gesamtes Laub braun war. Stockausschläge und Wasserschosse des Kulturölbaums sind wesentlich empfindlicher als normale Zweige der Krone, und Wildlinge sind empfindlicher als Edelreiser. — Olea zeichnet sich durch auffallend große individuelle Unterschiede in ihrer Kälteresistenz aus. In einer Pflanzung nebeneinanderstehende gleich alte Bäume derselben Sorte können einen Schaden von 10% ebenso wie von 90% aufweisen. Die Pflege spielt eine wichtige Rolle. Gut ernährte und gesunde Bäume haben in beiden Wintern verhältnismäßig wenig gelitten, wohl aber vernachlässigte und solche mit vielen pockenkranken (*Cycloclonium oleaginum* Cast.) Blättern. Kranke Blätter erfrieren früher und flächenhafter als gesunde. Deshalb waren im Winter 1955/56, der einem feuchtem Sommer mit hoher Infektionsrate folgte, die Blattverluste in Ölgärten auf der Talsohle größer als auf den trockeneren Hängen, wogegen im Winter 1962/63 der einem Dürresommer folgte, eine Frostschadenszonierung nach der Höhenlage nicht auftrat. Weil kranke Blätter zuerst erfrieren und frostgeschädigte Blätter sofort abfallen, könnte scharfer Frost eine radikale Sanierung der Ölgärten bewirken. — Das Ausschlagvermögen des Ölbaumes ist sprichwörtlich. Auch in den am schwersten heimgesuchten Ölhainen war im Juni 1963, als die Bäume reich blühten, von den Winterschäden nichts mehr zu sehen. MORETTINI (1961) untersuchte das Regenerationsvermögen des Ölbaums eingehend nach dem strengen Winter 1955/56. Damals gab es in Mittelitalien erhebliche Frostschäden in den Sproßachsen. Auch ausgedehnte Erfrierungen verheilten schon im ersten Jahr gut. Im nächsten Jahr blieben aber viele von diesen Bäumen in Wuchs und Ertrag zurück und etliche vertrockneten. Eine Regeneration, die von überlebenden Bezirken des Kambiums ausgeht, ist zwar theoretisch überaus interessant aber praktisch ziemlich bedeutungslos. MORETTINI empfiehlt daher nach schweren Achsenschäden die radikale Amputation des Stammes. Aus den üppig sprießenden Stockausschlägen kann man entweder Bäume mit gesundem Achsensystem ziehen oder man läßt die Pflanze sich zum Strauch entwickeln. Aus Wurzelstrünken entstandene „Olivensträucher" waren 4 Jahre nach dem Frost einige Meter hoch und brachten z. T. bessere Olivenerträge als der Baum vor 1955/56. — GOLA: vereinzelt Bäume bei —14° C ausgefallen; SCHIERELI: In Tilfis bei —13° bis —15° C schwere Laubschäden, geringe

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Achsenschäden; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C nur Laubschäden. Alle drei Autoren weisen auf die unterschiedliche Kälteempfindlichkeit der einzelnen Pflanzen hin.

Osmanthus fragrans Lour., Duftender Ölbaum, und
Osmanthus ilicifolius Mouillef., Stechlaubblättrige Duftblüte

AS, C, R. — D-Typ. Belanglose Schäden auf Blattspitzen. Ebenso: SCHIERELI in Tiflis bei —13° C; GOLA: In Padua bei —14° C bedeutende Laubschäden.

Ligustrum japonicum Thunb., Japanliguster

A, C, R. — D-Typ, selten N-Typ. Schaden in beiden Wintern groß. Durchschnittlich halbe Blattfläche schwarzbraun verfärbt. Alle Blätter des Baumes sind sehr einheitlich frostempfindlich: In der ganzen Krone gibt es fast kein gesundes und kein völlig totes Blatt! Stärker geschädigtes Laub wird schnell abgeworfen. Im Frühling normaler Austrieb. *Ligustrum japonicum* ist für die Kartierung von Gefährdungszonen als Zeigerpflanze wertvoll. — GOLA: Bei —14° C Blätter und Zweigspitzen erfroren. Desgleichen: SCHIERELI.

Jasminum-Arten, Jasmin

A, R. — D-Typ. Die weißblütigen Jasminarten *Jasminum grandiflorum* L. *J. azoricum* hort., u. a. sind bis zum Boden zurückgefroren. Teilweise zaghafter Neuausschlag. Das gelb blühende halbimmergrüne *J. nudiflorum* Lindley, dessen Laub im Gardaseegebiet überwintert, hat auch während der kalten Winter weitergeblüht. Seine Blätter sind zu etwa einem Drittel ihrer Fläche erfroren, die Blüten blieben gesund. — SAUVAIGO: *J. grandiflorum* erfriert an der französischen Riviera bei —4 bis —5° C.

Nerium oleander L., Oleander

A, R. — D-Typ (siehe S. 176 und Tafel XVI, Bild b). In beiden Winternstarke Schäden am Laub: Durchschnittlich ein Drittel aller Blätter weitgehend erfroren. Der Schaden beginnt immer am Rand oder an der Spitze des schmalen Blattes und dehnt sich nach innen aus. Eine gewisse Variabilität in der Kälteresistenz der einzelnen Sträucher ist bemerkbar (auch GLONTI u. SABATIN stellen sie fest). Im Winter 1955/56 waren bei relativ geringer Schädigung des Laubes Achsenschäden verbreitet, im Winter 1962/63 sind im Gebiet von Arco und Riva Achsen nicht erfroren. Hervorragendes Regenerations- und Ausschlagsvermögen. Im Sommer 1963 besonders üppig blühend. — GOLA: In Padua bei —14° C totaler Laubverlust, regelmäßig auch die Sproßspitzen zurückgefroren, einige Stücke bis zum Boden tot; SCHIERELI: In Tiflis bei —13 bis —15° C samt Wurzel abgestorben; GLONTI u. SABATIN: In Batum bei —8,6° C meist mäßige Laubschäden, aber auch Erfrierungen im Holz.

Trachelospermum jasminoides Lem., Falscher Jasmin

A, C, R. — D-Typ. In Bodennähe bis 1 m Höhe sind viele Blätter erfroren. Darüber unbedeutende Schäden (ein Fünftel bis ein Drittel der Fläche betroffen) auf einigen wenigen Blättern. Über 2 m Höhe fast alle Blätter ohne Frostspuren. — GOLA: In Padua bei —14° C bis zum Boden erfroren, Neuaustrieb.

Rosmarinus officinalis L., Rosmarin

A, R. — D-Typ, manchmal I-Typ. Die jungen unverholzten Zweigspitzen mit den darauf sitzenden Blättern sind erfroren. Auf älteren Blättern findet man geringfügige Bräunungen, die sich oft auf die Epidermis und die oberste Palisadenschicht beschränken. Kräftiger Neuaustrieb. Teilgeschädigte Zweige im Mai reichlich blühend. — SCHIERELI: In Tiflis bei —13 bis —15° C schwere Ausfälle, einige Sträucher bis zur Wurzel, einige mit der Wurzel erfroren.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 4:

Übersicht über die Frostschäden an immergrünen Holzpflanzen in Arco und Riva während der strengen Winter 1955/56 und 1962/63

Schadensklasse	Pflanzenart	Frostschäden auf Assimilationsorganen zu erwarten nach Unterschreiten von °C		Natürliche Verbreitung der Pflanze (nach Angaben von SAUVAIGO 1929 und SCHMID 1956)
I. Totalschaden, keine Regeneration	*Phoenix dactylifera*			Nordafrika
	z. T. *Phoenix jubae*	−5	(Abb. 11)	Kanarische Inseln
	Musa ensete	−2	(M. *cavendishii*: SHMUELI)	Ostafrika
	Ceratonia siliqua	−3,5	(Abb. 10)	südl. Mittelmeergebiet u. Nordafrika
	Schinus molle			Mittel- u. Südamerika
	Passiflora sp.			trop. u. subtrop. Südamerika
	Eucalyptus globulus	−3	(Abb. 11)	Australien
II. Oberirdische Teile größtenteils erfroren. Regeneration durch Stockausschläge oder Austrieb aus überlebenden Knospen	*Cordyline* sp.			Neuseeland
	Bougainvillea spectabilis			trop. u. subtrop. Südamerika
	Acacia dealbata	−6	(Abb. 11)	Australien u. Tasmanien
	Citrus aurantium	−6	(Abb. 11)	subtrop. Südostasien
	Eucalyptus viminalis			Australische Bergwälder
	weißbl. *Jasmin*-Arten			China, Südostasien
III. Vollständiger Laubverlust, Knospen und Achsengewebe ohne nennenswerten Schaden. Knospenaustrieb	*Cycas revoluta*			Java
	Phoenix jubae	−5	(Abb. 11)	Kanarische Inseln
	Butia bonnetti			Küsten von Südamerika
	Washingtonia filifera			Kalifornien, Mittelamerika
	Cinnamomum camphora	−6	(KUSUMOTO)	subtrop. Ostasien
	Cornus capitata			Nepal
IV. Ausgedehnte Erfrierungen auf den Blättern. Knospen und Rinde gesund. Normaler Frühjahrsaustrieb	*Jubaea spectabilis*			Südamerika
	Erythea armata			Mittelamerika
	Chamaerops humilis	−9	(Abb. 10)	südl. Mittelmeergebiet
	Agave sp.	−7	(MOLISCH)	Mittelamerika
	Quercus suber	−7	(Abb. 10)	westl. u. südl. Mittelmeergebiet
	Cinnamomum glanduliferum	−7	(Abb. 11)	subtrop. Ostasien
	Myrtus communis	−7	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Ligustrum japonicum			Japan, China
	Nerium oleander	−7	(Abb. 10)	südl. Mittelmeergebiet
V. Geringfügige Schäden auf den Blättern (ein Zehntel bis ein Drittel der Blattmasse betroffen)	*Araucaria excelsa*			Australien
	Sequoia sempervirens			Kalifornische Küstenregion
	Laurus nobilis	−9	(Abb. 10)	Mediterrangebiet
	Laurus canariensis			Atlantische Inseln
	Stauntonia hexaphylla			Japan
	Eriobotrya japonica	−10	(Abb. 11)	Japan
	Acacia retinodes			Australien
	Rhamnus alaternus	−8	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Pistacia lentiscus			Mittelmeergebiet
	Arbutus unedo	−10	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Olea europaea sat.	−10	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Trachelospermum jasminoides			China, Japan
	Rosmarinus officinalis	−8	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Viburnum tinus	−10	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
VI. Minimale Schäden (weniger als ein Zehntel der Blattspreite verfärbt). Größere Schäden nur auf Exemplaren in ungünstiger Lage	*Araucaria araucana*			Cordilleren
	Cupressus macrocarpa			Kalifornische Küstenregion
	Pinus pinea	−11	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Pinus halepensis	−11	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Phyllostachys mitis			Ostasien
	Trachycarpus fortunei	−11	(Abb. 11)	China, Japan
	Ficus pumila			Ostasien
	Magnolia grandiflora	−12	(Abb. 11)	subtrop. Nordamerika
	Photinia serrulata			Japan
	Laurocerasus lusitanicus			Südwestiberien, Kanaren
	Skimmia japonica			Ostasien
	Camellia japonica	−8	(KUSUMOTO)	China, Japan
	Hedera canariensis			Atlantische Inseln, Nordafrika
	Osmanthus fragrans			Himalaja, China, Japan
	Osmanthus ilicifolicus			Himalaja, China, Japan
	Jasminum nudiflorum			China
VII. Keine äußerlich sichtbaren Kälteschäden	*Cupressus sempervirens*	−14	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Cupressus arizonica			Nordmexiko, Arizona
	Thuja gigantea			Nordamerika
	Cryptomeria japonica	−20	(PARKER)	Japan
	Sequoia gigantea			Gebirge Kaliforniens u. Oregons
	Cephalotaxus drupacea			Japan, China
	Taxus baccata	−26	(TILL)	mediterran-atlantisch
	Abies numidica			Nordafrikanisches Gebirge
	Abies pinsapo			Südspanisches Gebirge
	Abies cephalonica			Gebirge Griechenlands
	Abies nordmanniana			Kaukasus
	Cedrus atlantica	−16	(Abb. 10)	Nordafrikanische Gebirge
	Cedrus libani			Gebirge des südöstl. Mittelmeergebietes
	Cedrus deodara	−16	(LARCHER)	Afghanistan, Nordwestl. Himalaja
	Arundinaria falcata			Nepal
	Dasylirion acrotrichon			Mexiko
	Yucca sp.			südl. Nordamerika
	Ruscus aculeatus			mediterr.-atlantisch
	Ruscus hypoglossus			Mediterrangebiet
	Quercus ilex	−12	(Abb. 10)	Mittelmeergebiet
	Mahonia sp.			Ostasien
	Nandina domestica			Ostasien
	Pittosporum tobira			China, Japan
	Rosa banksiae			China
	Laurocerasus officinalis			östl. Mittelmeergebiet, Kaukasus
	Choisya ternata			Mexiko
	Buxus sempervirens			submediterran.-atlantisch
	Buxus balearica			atlantisch-mediterran
	Buxus japonica			China, Japan
	Ilex aquifolium			atlantisch-mediterran
	Ilex cornuta			China
	Evonymus japonica (1963)			Ostasien
	Elaeagnus pungens var. *reflexa*			Ostasien
	Hedera helix	−18	(TILL)	atlantisch-mediterran
	Fatsia sieboldii			Japan
	Aucuba japonica			Ostasien

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Viburnum tinus L., Lorbeerschneeball

A, C, R, oft als Hecke. — D-Typ im Winter, N-Typ im Sommer. *Sträucher* mit mäßigen Laubschäden (ein Zehntel bis ein Fünftel der Blattfläche verfärbt); die violettschwarzen Nekrosen sind gleichmäßig über die Spreite verstreut. Der Autolysegeruch nach Baldrian ist noch im März wahrnehmbar. Von den Blüten haben nur wenige die Kälte überstanden. — *Hecken* sind stärker geschädigt (viele Blätter im Schnittbereich der Hecke zur Hälfte bis ganz tot). — FIORI (1932): Im Winter 1928/29 in Italien bei —12° C starke Laubschäden, bei —16° C totaler Laubverlust und Schäden im Holz; SCHIERELI: Im Winter 1948/49 in Tiflis bei —13° bis —15° C sehr unterschiedliche Schäden zwischen mäßigem Laubverlust und Totalausfall. Im Durchschnitt Achsen ohne nennenswerte Erfrierungen. Im Winter 1934/35 bei —17° C alle *Viburnum*büsche bis zum Boden abgestorben, dann aber Stockausschläge.

Ordnet man die einzelnen Arten nach dem durchschnittlichen Ausmaß der Frostschäden, die sie in den beiden letzten strengen Wintern erlitten haben, dann ergibt sich die aus der Tabelle 4 ersichtliche Gruppierung:

Wie zu erwarten, hat der Frost am schwersten eine Reihe tropischer *(Musa, Passiflora, Schinus)* und subtropischer Pflanzen und den Johannisbrotbaum heimgesucht. Sie alle waren nachher nicht mehr in der Lage, neu auszutreiben. Die Angehörigen der Schadenklasse I erleiden mit wenigen Ausnahmen *(Phoenix)* schon bei —2 bis —3° C die ersten Erfrierungen auf dem Laub. Diese Temperaturen sind im Gardaseegebiet in jedem Winter zu erwarten, es ist daher riskant, so empfindliche Arten im Freiland (außer an besonders gut geschützten Stellen) zu pflanzen.

Die Schadensklassen II und III — totaler Laubverlust, aber kein Verlust des Regenerationsvermögens — rekrutieren sich aus Pflanzen der Küstengebiete Australiens, Ostasiens, Amerikas, Nordafrikas und von Inseln der subtropischen Klimazone. Überschlagsweise läßt sich die Kälteresistenz dieser Arten mit —5 bis —6° C angeben. Auch sie sind im nördlichen Gardaseegebiet noch zu sehr frostgefährdet (in Arco gab es in den letzten 14 Jahren sechs Winter mit Minima bei —5° C und darunter), als daß man sich zu viel Hoffnung auf erfolgreiche Einbürgerung machen dürfte.

Die Pflanzen der Schadensklassen IV und V, deren Kälteresistenz zwischen —7 und —10° C liegt, büßen nur mehr in besonders strengen Wintern einen Teil ihrer Blätter ein. Hierher gehören die meisten Hartlaubgewächse des Mittelmeergebietes und einige Derblaubige aus außereuropäischen Gebieten mit Mediterranklima.

Die Schäden der Klasse VI sind belanglos. Hauptsächlich breitlaubige Immergrüne mit einer Frosthärte von offensichtlich nicht über —12° C sind hier versammelt. Sie stammen, wie viele Angehörige der schadenfreien Klasse VII, die mindestens —15° C vertragen, aus feucht-tempe-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

rierten Klimagebieten Ostasiens, Nordamerikas und von den atlantischen Inseln. Etliche Arten der Klasse VII, v. a. Coniferen, beteiligen sich an der Zusammensetzung der Bergwälder des Mediterrangebietes und des subtropischen und warmgemäßigten Asien und Nordamerika, einige — z. B. die Zedern — bilden auf den Bergen ihrer Heimat sogar die Wald- und Baumgrenze.

4. Auswertung der Beobachtungen

4.1 Vom Wert der Schadensaufnahmen und Schadensberichte nach strengen Wintern

> Papers reporting detailed responses of a species or variety to freezes at specified seasons and situations are apt to be more helpful to horticulture than the best of papers concerning the basic physiology of cold injury.
>
> W. H. Chandler (1954 p. 552)

Der überwiegende Teil unserer Kenntnis der Kälteresistenz der Pflanzen fußt auf der Auswertung von Schadenserhebungen nach außergewöhnlich kalten Wintern und nur für verhältnismäßig wenige Arten — ganz besonders wenige aus wärmeren Ländern —, liegen experimentelle Daten vor. Fast allen Schadenserhebungen — ebenso dieser im nördlichen Gardaseegebiet — haftet indes als ernstlicher Mangel an, daß die Temperaturminima, auf die die beschriebenen Schäden bezogen werden, nicht auf den Blättern, in der Krone, ja oft nicht einmal in unmittelbarer Nähe des Beobachtungsplatzes gemessen worden sind, sondern irgendwo, oft weit entfernt, in einem Observatorium. Diese Temperaturablesungen, von denen die Blatt-Temperaturen um einige Grade abweichen können, besitzen somit nur informativen Anzeigewert. Eine Ungenauigkeit von einigen Grad Celsius bedeutet aber für immergrüne Holzpflanzen warmtemperierter Gebiete viel!

Keineswegs stört diese Unsicherheit hingegen bei vergleichenden Untersuchungen des charakteristischen Verhaltens verschiedener Arten, Sorten und Provenienzen (über provenienzabhängige Kälteresistenz: MÜNCH 1928, DIELS 1929, DAUBENMIRE 1957, PARKER 1963). Ein Schadenswinter bietet die beste Gelegenheit, wenn es gilt, etwa als Grundlage für die Auslesezüchtung, ökologische Rassen (*Laurus*, siehe S. 181) oder Arten mit individuell stark streuender Kälteresistenz *(Chamaerops, Rhamnus, Olea, Nerium, Viburnum)* aufzufinden. Auch der Einfluß von Boden (Unterlegenheit von Silikatpflanzen wie *Phoenix jubae*, *Acacia dealbata* und *Eucalyptus*-Arten auf Kalkboden) und Gesamtklima (ausreichende Länge der Vegetationsperiode und genügende Sommerwärme, vgl. KEMMER und SCHULZ 1955, KARNATZ 1958) und

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

vor allem der Einfluß der Witterung unmittelbar vor dem Kälteeinbruch auf den Abhärtungszustand und damit auf die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen tritt nach scharfen Frösten klar zutage. So fällt auf, daß mit wenigen Ausnahmen alle erfaßten Arten im Winter 1955/56 ziemlich gleich stark geschädigt worden sind wie 1962/63, obwohl im ersten Winter der Frost nach warmfeuchter Witterung eine verwöhnte Vegetation überfiel, im zweiten Winter dagegen die Pflanzen Zeit und Gelegenheit hatten, sich maximal auf die extreme Kälte vorzubereiten. *Evonymus*, *Olea*, *Arbutus* und *Nerium* (vom Oleander nur die Sproßachsen) erlitten 1955/56 ausgedehntere Schäden als 1962/63, die beiden ersten vermutlich deshalb, weil sie nach dem feuchten Sommer 1955 stärker durch Pilzkrankheiten geschwächt waren. Lediglich bei *Acacia dealbata* gab es 1962/63 manchenorts stärkere Ausfälle als 1955/56. Vielleicht — nachträglich kann das nicht mehr überprüft werden — war daran die erschwerte Wasserversorgung während der langanhaltenden Serie von Frosttagen mitschuldig (vgl. auch WALTER 1929, GOLA 1929).

Ganz besonders wertvoll sind aber die Beobachtungen über Frostschadenverheilung und -regeneration.

4.2 Schadenverheilung und Regeneration

Ob eine Pflanze einen strengen Winter überlebt, hängt nicht allein von ihrer Kälteresistenz, sondern weitgehend auch von ihrer Fähigkeit ab, Verlorengegangenes zu ersetzen. Das spezifische Regenerationsvermögen ist also ein sehr wesentliches Merkmal, und doch sind wir über Art und Umfang der Regeneration erfrorener Pflanzenteile recht dürftig unterrichtet, weil dieses wichtige Kapitel der Pflanzenpathologie experimentell ungemein schwer zugänglich ist. Nachdem die Schäden gesetzt sind ist Nachkultur nötig, damit das weitere Schicksal der Pflanze untersucht werden kann, und um Frostschäden auf Zweigen und Blättern größerer Pflanzen hervorzurufen, benötigt man entweder kostspielige Einrichtungen (z. B. fahrbare Kühlkammern, wie sie LOEWEL und KARNATZ 1956 verwendet haben) oder sehr viel Geduld (bei Anwendung von Kühlmanschetten, vgl. PISEK und EGGARTER 1959). Der ergiebigste Großversuch dieser Art ist und bleibt ein Katastrophenwinter und gewöhnlich haben Berichterstatter außer auf die primären Kältewirkungen auch auf Regenerationserscheinungen geachtet (MÜNCH 1928, DIELS 1929, SCHIERELI 1950, GLONTI und SABATIN 1952, JAHNEL und WATZLAWIK 1957, 1959, 1961, SCARAMUZZI und ANDREUCCI 1957, MORETTINI 1961).

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Teilgeschädigtes Laub wird entweder bald abgeworfen *(Sequoia sempervirens, Magnolia grandiflora, Cinnamomum camphora* und *C. glanduliferum, Camellia japonica, Cornus capitata, Olea europea, Ligustrum japonicum)* oder, wenn es länger am Zweig verbleibt, trocknet der erfrorene Bezirk ab. Die an das abgestorbene Gewebe grenzenden lebenden Zellen metakutinisieren gelegentlich (fluoreszenzmikroskopischer Befund). Nur einige kompakte Assimilationsorgane wie Coniferennadeln, Agavenblätter oder Opuntienflachsprosse vernarben i. d. R. unter Wundkorkbildung. Das Schicksal kleinerer Nekrosen in der Rinde der Achsen der Parkbäume und Sträucher habe ich nicht verfolgt, aber es ist anzunehmen, daß diese, wie mehrfach anderwärts festgestellt, (SORAUER 1909, KÜSTER 1916, SCARAMUZZI und ANDREUCCI 1957, LARCHER 1958) durch Tiefenperiderme abgekapselt werden. Knospen und abgestorbene Zellkomplexe des Kambiums dürften sich auch hier wie überall aus gesund gebliebenen Resten des Meristems regenerieren (KÜSTER 1916, WOYCICKI 1931, HOLHEIDE 1941, KEMMER und SCHULZ 1955, PISEK und EGGARTER 1959).

Auf artabhängig verschiedene Weise werden hingegen abgestorbene Kronenbereiche wieder hergestellt. Man kann da grundsätzlich unterscheiden zwischen Arten, die zugrunde gehen, wenn ihr Hauptvegetationspunkt oder ihre wipfelständigen Knospen erfroren sind — weil sie entweder, wie fast alle Palmen, keine Reserveknospen besitzen oder weil diese nicht frosthärter sind als die Terminalknospen *(Eucalyptus globulus)* — und solchen, die vorwiegend aus basalen Reserveknospen austreiben, auch dann, wenn noch einige der frostempfindlicheren Terminalknospen oder höher inserierte Achselknospen am Leben sind. Zur letzten Gruppe gehören die robusteren Arten kälteempfindlicher Gattungen und Familien, wie *Chamaerops humilis, Eucalyptus viminalis* und *Citrus aurantium*, die in Gegenden, in denen sie öfter zurückfrieren, verstrauchen. Von Natur aus leichter verstrauchende Baumarten haben offenbar ganz allgemein bessere Überlebensaussichten als solche, denen diese Neigung abgeht (MESSERI 1960).

Auch das spezifische Regenerations*vermögen* der einzelnen Pflanzen ist verschieden: Manche treiben kümmerlich und verspätet aus *(Acacia dealbata, Jasminum grandiflorum)*, die meisten aber erholen sich rasch, sogar dann, wenn ausgedehnte Erfrierungen das kaum mehr erwarten ließen, und regenerieren ihre Krone während der ersten Vegetationsperiode. Einige *(Laurus, Citrus aurantium, Olea, Arbutus, Nerium)* sind sogar imstande, aus Stockausschlägen in wenigen Jahren Bäume oder Sträucher heranzubilden.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

4.3 Frostschadenkartierung

Frostschäden lassen ferner — als dritte Auswertungsmöglichkeit — auch noch auf die Verteilung der Minimumtemperaturen im Gelände schließen, falls von einigen im Gebiet allgemein verbreiteten Arten die Kälteresistenz genau und ihrer ganzen Streuungsbreite bekannt ist (SCHUEPP 1948, KRÜHNE 1954, REICHELT 1954, DUFFIELD 1956, SCARAMUZZI und ANDREUCCI 1957, WINTER 1958). Bei der Auswahl der Zeigerpflanzen ist darauf zu achten, daß es sich um Arten handelt, deren einzelne Individuen sich in ihrer Frostempfindlichkeit nur wenig voneinander unterscheiden (z. B. *Pinus pinea, Trachycarpus fortunei, Quercus suber, Magnolia grandiflora, Myrtus communis, Eucalyptus globulus, Eriobotrya japonica, Ligustrum japonicum, Rosmarinus officinalis)* und daß auf ihrem Laub die Schäden innerhalb eines nicht zu breiten Temperaturspielraumes gut erkennbar anwachsen (wie z. B. bei *Laurus, Eucalyptus* und *Nerium)*. Selbstverständlich dürfen nur Beobachtungen an erwachsenen Exemplaren ab einer gewissen Mindesthöhe und unter ähnlichen Pflegebedingungen (keine Hecken!) miteinander verglichen werden.

Auf Grund meiner Erhebungen nach dem Winter 1962/63 habe ich versucht, eine Karte der Frostschadenverteilung im Gardaseegebiet zu entwerfen (Abb. 14). Die grobe Darstellung schöpft längst nicht die Grenzen des Möglichen aus, sie soll mehr Anregung als Auswertung sein!

Die Zonen A, B und C sind durch das mittlere Ausmaß der um Ostern feststellbaren Kälteschäden an einigen immergrünen Holzpflanzen definiert.

In der Zone A, die sich auf die im Winter mildesten Lagen des westlichen Gardaseeufers beschränkt — es sind das keineswegs immer die Orte mit der höchsten Jahresmitteltemperatur —, kamen *Pinus pinea, Trachycarpus fortunei, Laurus nobilis, Eriobotrya japonica, Olea europaea* und *Rosmarinus officinalis* gesund über den Winter. *Agaven, Ligustrum japonicum* und *Nerium oleander* wiesen nur ganz unbedeutende Verfärbungen an den Blattspitzen auf, und sogar die frostempfindlicheren Palmen *(Phoenix, Washingtonia)*, Silber-Akazien *(Acacia dealbata)* und Pomeranzenbäume *(Citrus aurantium)* behielten noch einen Teil ihres Laubes in recht gutem Zustand. Nur auf den Eucalypten (drei hohe Bäume zwischen Bogliaco und Toscolano) und auf nicht unter Dach gesetzten Zitronenbäumen *(Citrus limon)* sind alle Blätter erfroren. Nach experimenteller Erfahrung (siehe Abb. 9, 10 u. 11) ist zu erwarten,

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

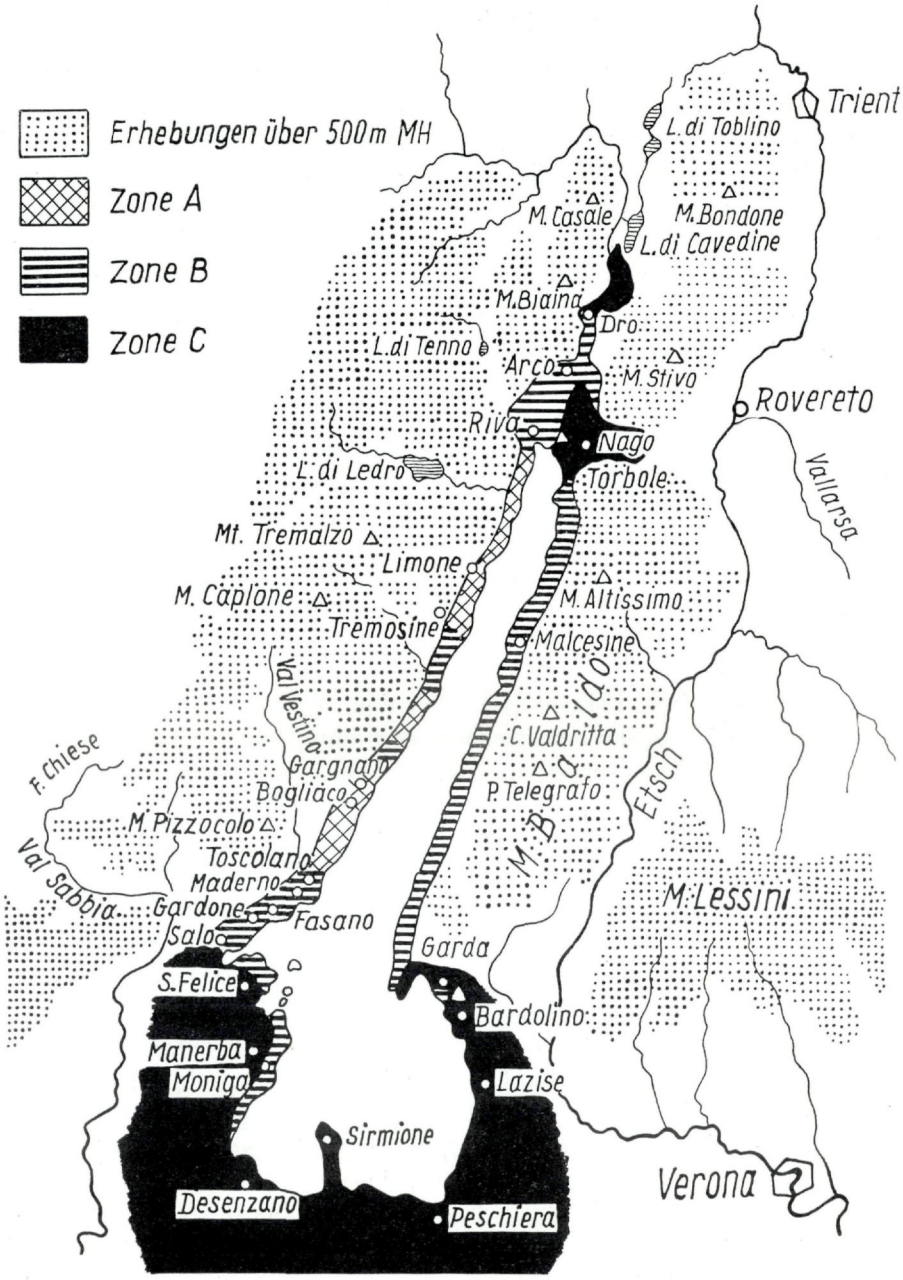


Abb. 14: Zonen gleichen Frostschadens am Gardaseeufer. Zustand um Ostern 1963. Zone A mit geringen, Zone B mit mäßigen, Zone C mit schweren Schäden. Punktraster: Erhebungen über 500 m Meereshöhe. Näheres im Text.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

daß die Winterminima in diesem Gebiet zwischen —6° C *(Eucalyptus*-Laub erfroren, partieller Blattschaden bei *Citrus*arten, *Phoenix jubae* und *Acacia dealbata)* und —8° C (Teilschaden auf *Nerium*-Blättern, Totalschaden auf Zitronen-, nicht aber auf Pomeranzenblättern, Phoenix-Wedeln und Akazien-Fiedern, noch kein Schaden bei *Laurus*, *Rosmarinus*, usw.) betragen haben.

Die Zone B ist gekennzeichnet durch Schäden im Umfang der im Kapitel 3 beschriebenen. Ihr gehört ja das Gebiet zwischen Arco und Riva an, außerdem das Sarcatal von Arco bis zur Brücke am nördlichen Ortsausgang von Dro, das östliche Gardaseeufer von Torbole bis Garda und jene Abschnitte des westlichen Ufers, in deren Bereich sich Täler des gebirgigen Hinterlandes zum See hin öffnen. Auch Gardone mit dem Botanischen Garten Prof. Hruschkas befindet sich in dieser Zone (Winterminimum 1962/63 in Saló-Gardone: —8,8° C). In der Zone B, die ohne Schwierigkeit weiter untergliedert werden könnte, dürften die Temperaturminima bei —8 bis —11° C (erste Frostflecken auf *Trachycarpus*fächern, *Magnolia grandiflora* noch schadenfrei) gelegen sein.

Zur Zone C gehören die am schwersten heimgesuchten Gegenden: Das flache Land am Südufer des Sees, besonders zwischen Peschiera und Bardolino, im Norden der Kaltlufttrichter zwischen Bolognano, Torbole und Arco und das Sarcatal von Dro bis zum Toblinosee. Gebiete außerhalb des Einflußbereiches der Seeluft sind nicht berücksichtigt und auf der Karte weiß gelassen. In der Zone C sind *Nerium oleander* und *Ligustrum japonicum* fast oder völlig blattlos geblieben, *Rosmarinus officinalis* ist bis zum Boden erfroren, die Ölbäume, Lorbeerbüsche und Wollmispeln *(Eriobotrya japonica)* haben schwere Schäden erlitten (ein Drittel bis drei Viertel der Blätter verfärbt), mehr als die Hälfte der Fächer auf den *Trachycarpus*palmen ist tot, die Pinienkronen sind rostbraun gesäumt und sogar *Magnolia grandiflora* hat rund ein Drittel ihrer Blätter verloren. Zypressen und Zedern sind aber überall wohlbehalten davongekommen. Hier lassen die Schäden Minima zwischen —12 und —14° C vermuten.

Mehr als manch andere Auswertung von Schadensberichten kommen frostschadentopographische Karten der Praxis zugute. Für die Auswahl von Parkbäumen und Ziersträuchern bei Neupflanzungen, wie überhaupt für jede frostsichere Anbauplanung, sind sie eine nützliche Grundlage.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

5. Zusammenfassung

Strenge Winter mit Temperaturminima um —9 und —10° C richten unter den immergrünen Bäumen und Sträuchern der Parks und Gärten des nördlichen Gardaseegebietes immer wieder Schäden an. Die Witterungssituation, die in den beiden letzten außergewöhnlich kalten Wintern 1955/56 und 1962/63 zur gefährlichen Abkühlung geführt hat, wird eingehend erörtert. Erscheinungsbild und Ausmaß der Erfrierungen (übersichtliche Zusammenstellung: Tab. 4) und das weitere Schicksal der frostgeschädigten Pflanzen werden ausführlich beschrieben. Die Ergebnisse experimenteller Kälteresistenzbestimmungen an Blättern von 16 immergrünen Mediterranpflanzen (Abb. 10) und von 9 Immergrünen der subtropischen und warmgemäßigten Zone anderer Erdteile und der atlantischen Inseln (Abb. 11) werden herangezogen, um die Auswertung der Freilandbeobachtungen zu erleichtern.

Von *pflanzenpathologischem* und *allgemein botanischem Interesse* sind besonders die Abschnitte über Methodik der experimentellen Resistenzbestimmung, über Schadensbilder und Schadensbeurteilung (Kapitel 2), und im Kapitel 4 die einleitenden Bemerkungen und der Absatz über Regeneration. An den *gärtnerisch* interessierten Leser richten sich in erster Linie der Schadensbericht (Kapitel 3), die Abschnitte 2.2 und 2.3 über die experimentellen Kälteresistenzbestimmungen, und die Auswertung der Ergebnisse (Kapitel 4). Hauptsächlich *von lokaler Bedeutung* sind die Angaben über Winterklima und den Witterungsverlauf in den strengen Wintern (Kapitel 1), der Schadensbericht (Kapitel 3) und die Frostschadenkartierung im Gardaseeraum (Abschnitt 4.3). Ein Register auf Seite 198 soll helfen, Bemerkungen über bestimmte Pflanzenarten im Text schnell zu finden.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Literatur

BEGUINOT, A. (1922): Ricerche sulla distribuzione geografica e sul polimorfismo della *Chamaerops humilis* L., Sassari 1922.

BIEBL, R. (1962): Protoplasmatische Ökologie der Pflanzen. Wasser und Temperatur. Protoplasmatologie **XII**, 1. Wien 1962.

COOPER, W. C. und Mitarb. (1957): Salt tolerance and cold hardiness tests on avocado trees. J. Rio Grande Valley Hort. Soc. **11**, 67—74; ref. Hort. Abstracts Dec. 1957, No. 3817.

CRAVERI, V. (1875): Wegweiser durch die Städte Riva, Arco und Umgebungen. Rovereto 1875.

DAUBENMIRE, R. (1957): Injury to plants from rapidly dropping temperature in Washington and Northern Idaho. J. For. **55**, 581—585.

DIELS, L. (1929): Die Frostschäden in den Botanischen Gärten Deutschlands im Winter 1928/1929. Ber. dtsch. bot. Ges. **47**, 603—607.

DIMPFLMEIER, R. (1957): Winterfrostschäden 1955/56 im forstlichen Exotenversuchsgelände Grafrath. Forstwiss. Cbl. **76**, 174—187.

DUFFIELD, J. W. (1956): Damage to western Washington forests from November 1955 cold wave. US Dept. Agr. For. Serv., Pac. NW. For. Range Exp. Sta. Circ.,129.

FICKER, H. (1909): Klimatographie von Tirol und Vorarlberg. Wien 1909.

FIORI, A. (1932): Le associazioni della bassa macchia. L'Alpe **19**, 454—463.

FOURNIER, P. (1946): Les quatre Flores della France. 2. Aufl. Paris.

GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl. Braunschweig 1961.

GLONTI, M. D. und E. J. SABATIN (1952): Überwinterung subtropischer Pflanzen im Botanischen Garten von Batum (russ.). Bull. Glavnogo Bot. Sada Ak. Nauk SSSR. **12**, 53—60.

GOLA, G. (1929): Osservazioni sui danneggiamenti alle piante legnose della regione veneta in seguito ai freddi del gennaio febbraio 1929. Atti Mem. R. Accad. Sci., Lett. Arti, Padova **45**, 5—15.

HENKE, O. (1962): Über die stoffwechselphysiologischen Grundlagen der Frostresistenz der Obstgehölze. Sitz. Ber. dtsch. Ak. Landw. Wiss. Berlin **11**/6, 5—18.

HOLDHEIDE, W. (1941): Über Kambialfrostschäden an Edelkastanien und Eschen. Tharandter Forstl. Jahrb. **91**, 582—590.

HUBER, B. (1935): Der Wärmehaushalt der Pflanzen. Freising-München 1935.

— (1956): Die Temperatur pflanzlicher Oberflächen. In: Handb. d. Pflanzenpysiol. III, 283—292, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.

HUDSON, M. A. (1961): The limitations of a cut leaf test for assessing the frost resistance of the tuber-bearing Solanums. Euphytica **10**, 169—179.

JAHNEL, H. und G. WATZLAWIK (1957): Beobachtungen über die Frosthärte einiger Gehölze im Winter 1955/56 im Forstbotanischen Garten zu Tharandt. Wiss. Ztschr. d. T. H. Dresden **6**, 543—548.

— (1959): Weitere Beobachtungen über die im Winter 1955/56 geschädigten Gehölze des Forstbotanischen Gartens zu Tharandt. Wiss. Ztschr. T. H. Dresden **8**, 929—932.

— (1961): Abschließende Beobachtungen über die im Winter 1955/56 geschädigten Gehölze im Forstbotanischen Garten zu Tharandt. Wiss. Ztschr. T. H. Dresden **10**, 1—3.

KARNATZ, H. (1956): Untersuchungen über die Frostresistenz der Obstgehölze im Baumschulstadium. II. Über die relative Frosthärte unveredelter Pflaumensämlings- und Kirschunterlagen. Der Züchter **26**, 178—187.

— (1958): Untersuchungen über das Verhalten junger Apfelbäume gegenüber tiefen Temperaturen. Mitt. Obstbauversuchsring d. Alten Landes, **1958**, 54—60.

KEMMER, E. und F. SCHULZ (1955): Das Frostproblem im Obstbau. München 1955.

KOTSCHERSHENKO, I. E., N. G. CHOLODNY und R. R. SHUMAKOVA (1951): Physiologische Versuche zur Steigerung der Frosthärte und des Ertrages von Citrus-Arten (russ.). Trudy Glavnogo Botan. Sada Ak. Nauk SSSR. **2**, 26—58.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

KÜSTER, E. (1961): Pathologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Jena 1916.

KUSUMOTO, T. (1959): Physiological and ecological studies on the plant production in plant communities. 7. On the resistance of evergreen broad leaved trees to cold temperature. Bull. Educ. Res. Inst. Kagishima **11**, 48—55.

KRÜHNE, G. (1954): Karte der Maifrostschäden 1953 in Wernigerode/Harz. Ztschr. f. Met. **8**, 180—182.

LARCHER, W. (1954): Die Kälteresistenz mediterraner Immergrüner und ihre Beeinflußbarkeit. Planta **44**, 607—635.

— (1958): Zur Kenntnis der Überwindung kleinerer Rindenfrostschäden an Apfelbäumen. Gartenbauwiss. **23**, 75—81.

— (1961): Jahresgang des Assimilations- und Respirationsvermögens von *Olea europaea* ssp. *sativa* Koch et Link, *Quercus ilex* L. und *Quercus pubescens* Willd. aus dem nördlichen Gardaseegebiet. **56**, 575—606.

— (1963a): Zur Frage des Zusammenhanges zwischen Austrocknungsresistenz und Frosthärte bei Immergrünen. Protoplasma **57**, 570—587.

— (1963b): Die Eignung abgeschnittener Zweige und Blätter zur Bestimmung des Assimilationsvermögens. Planta **60**, 1—18.

— und H. EGGARTER (1960): Anwendung des Triphenyltetrazoliumchlorids zur Beurteilung von Frostschäden in verschiedenen Achsengeweben bei *Pirus*-Arten, und Jahresgang der Resistenz. Protoplasma **51**, 595—619.

LEPEZ, R. (1963): Temperaturabhängigkeit der Netto-Assimilation und Resistenzgrenzen sowie Gefrierpunkt der Blätter einiger immergrüner Pflanzen. Diss. Innsbruck.

LEVITT, J. (1956): The hardiness of plants. New York 1956.

— (1958): Frost, drought and heat resistance. Protoplasmatologia **VIII**, 6, Wien 1958.

LOEWEL, E. L. und H. KARNATZ (1956): Untersuchungen über die Frostresistenz der Obstgehölze im Baumschulstadium. I. Problemstellung und Versuchsmethodik. Der Züchter **26**, 117—120.

MASON, S. C. (1925): The minimum temperature for growth of the date palm and the absence of a resting period. J. Agr. Res. **31**, 401—141; ref.: Parker 1963.

MESSERI, A. (1960): Impressioni di un viaggio in Portogallo. N. G. Bot. Ital. **67**, 605—610.

MOLISCH, H. (1897): Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.

— (1931): Botanische Versuche ohne Apparate. Jena 1931.

MORETTINI, A. (1961): Sulla ricostituzione degli olivi danneggiati dalle basse temperature del 1956. Acc. Georgofili **137**, 1—40.

MÜNCH, E. (1928): Frostgefährdung wintergrüner Gehölze. Mitt. dtsch. dendrol. Ges. **40**, 175—184.

ODISHARIJA, K. Y. (1952): Die Palmen der Pontischen Küste. (russ.) Bull. Glavnogo Bot. Sada Ak. Nauk SSSR. **11**, 102—112.

OPPENHEIMER, H. R. (1949): Frost effects on vegetation in 1948/49. Pal. J. Bot. Rehovot Ser. **7**, 36—40.

PARKER, J. (1959) Seasonal changes in white pine leaves: a comparison of cold resistance and free sugar fluctuations. Bot. Gaz. **121**, 46—50.

— (1961): Seasonal changes in cold restistance of some northeastern woody evergreens. J. For. **59**, 108—111.

— (1963): Cold resistance in woody plants. Bot. Rev. **29**, 123—201.

PENZIG, O. (1893): Il freddo del gennaio 1893 e le piante dell' Orto Botanico di Genova. Bull. R. Soc. tosc. di Orticoltura **18**, 1—7.

PFAFF, W. (1929): Die Frostschäden des Winters 1928/29. Der Schlern **10**, 399—403.

PILIPENKO, F. S. (1950): Grundlagen der Nordwärtsverschiebung der Eucalyptenkultur. (russ.) Bull. Glavnogo Bot. Sada Ak.. Nauk. SSSR. **5**, 11—25.

PISEK, A. (1958): Versuche zur Frostresistenz von Rinde, Winterknospen und Blüten einiger Arten von Obsthölzern. Die Gartenbauwiss. **23**, 54—74.

— und H. EGGARTER (1959): Beobachtungen zur Überwindung von Frostschäden an Zweigen und Laubknospen von Apfel und Birne. Die Gartenbauwiss. **24**, 446 bis 456.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

PISEK, A. und R. SCHIESSL (1947): Die Temperaturbeeinflußbarkeit der Frosthärte von Nadelhölzern und Zwergsträuchern an der alpinen Waldgrenze. Ber. Naturw. med. Verein Innsbruck **47**, 33—52.

PITSCHMANN, H. und H. REISIGL (1959): Bilderflora der Südalpen. Stuttgart 1959.

RASCHKE, K. (1956): Über die physikalischen Beziehungen zwischen Wärmeübergangszahl, Strahlungsaustausch, Temperatur und Transpiration eines Blattes. Planta **48**, 200—238.

REICHELT, G. (1954): Über Spätfrostschäden im Grünland in Abhängigkeit vom Relief, am Beispiel der Baar. Wetter u. Leben **6**, 1—6.

SAAKOV, S. G. (1952): Die Geschichte der Einführung der Palmen in das Territorium der USSR. (russ.). Trudy Botan. Inst. Komarova Ak. Nauk SSSR. Ser. **6/2**, 16—75.

SAKAI, A. (1962): Studies on the frost-hardiness of woody plants. I. The causal relation between sugar content and frost hardiness. Contrib. Inst. of Low Temp. Sci. Ser. **B, 11**, 1—40.

— (1963): Relation of internal and external factors on the increase of frost hardiness of woody plants. Intern. Symp. on Cytoecology Leningrad 1963, 54—55.

SARTORI, D. (1954): Arco, centro climatico di cura. Trento 1954.

SAUVAIGO, E. (1929): Les cultures sur le littoral de la méditerranée, 3. Aufl. Paris 1929.

SCARAMUZZI, F. und E. ANDREUCCI (1957): Indagini e osservazioni sui danni provocati dalle minime termiche del febbraio 1956 agli olivi nei vivai di Pescia. N. G. Bot. Ital. **64**, 19—124.

SCHIERELI, W. S. (1950): Die Überwinterung der Pflanzen im Tifliser Botanischen Garten. (russ.) Bull. Glavnogo Bot. Sada Ak. Nauk. SSSR **5**, 115—118.

SCHMID, E. (1956): Flora des Südens. Zürich und Stuttgart 1956.

SCHUEPP, W. (1948): Frostverteilung und Kartoffelanbau in den Alpen auf Grund von Untersuchungen in der Landschaft Davos. Schweiz. Landw. Monatshefte **1948**, 37—59.

SHMUELI, E. (1960): Chilling and frost damage in banana leaves. Bull. Res. Counc. Israel **8 D**, 225—238.

SORAUER, P. (1909): Blitzspuren und Frostspuren. Ber. dtsch. bot. Ges. **25**, 157—164.

STELZNER, G. (1938): Künstliche Selektionsmethoden zur Züchtung frostharter Kartoffeln. Der Züchter **10**, 271—275.

STEUBING, L. und C. CASPERSON (1959): Pflanzentemperatur und Taubeschlag. Ztschr. f. Angewandt. Met. **3**, 219—224.

TILL, O (1956): Über die Frosthärte von Pflanzen sommergrüner Laubwälder. Flora **143**, 499—541.

TUMANOV, I. I. (1951): Grundlegende Erfolge der sowjetischen Wissenschaft beim Studium der Frostfestigkeit der Pflanzen. (russ.) Doklady Ak. Nauk SSSR. Moskau **1951**, 14—42.

— (1963): Frost hardening of plants. Intern. Symposium on Cytecology Leningrad 1963, 71—73.

ULMER, W. (1937): Über den Jahresgang der Frosthärte einiger immergrüner Arten der alpinen Stufe, sowie der Zirbe und Fichte. Jb. wiss. Bot. **84**, 553—592.

WALTER, H. (1929): Die Winterschäden an unseren immergrünen Pflanzen während der Kälteperiode Januar—März 1929 und ihre Ursachen. Naturwiss. **17**, 854—859.

WINKLER, A. (1913): Über den Einfluß der Außenbedingungen auf die Kälteresistenz ausdauernder Gewächse. Jb. wiss. Bot. **52**, 467—506.

WINTER, F. (1958): Das Spätfrostproblem im Rahmen der Neuordnung des südwestdeutschen Obstbaues. Die Gartenbauwiss. **23**, 342—362.

WOYCICKI, S. (1931): Einfluß des Winterfrostes 1928/29 auf Holz und Rinde unserer Obstbäume. Die Gartenbauwiss. **5**, 48—61.

YARWOOD, C. E. (1946): Detached leaf-culture. Bot. Rev. **12**, 1—56.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Artenregister

* In Tabelle 4, Seite 186/187 genannt.

Abies cephalonica *
A. nordmanniana *
A. numidica *
A. pinsapo *
Acacia dealbata 163, 172, 173, **182,** *, 188—191, 193.
A. melanoxylon 182
A. retinodes (syn. floribunda, semperflorens) **182,** *
Agave americana **180,** *, 190, 191
A. mitriformis 180
Araucaria araucana **177,** *
A. excelsa **177,** *
Arbutus unedo 163, 166, 167, 171, 173, **185,** 189, 190, *
Arundinaria falcata *
Aucuba japonica *

Bougainvillea glabra 180, *
B. spectabilis 176, **180,** *
Butia bonnetti **178,** *
Buxus balearica *
B. japonica *
B. sempervirens *

Camellia japonica **183,** *, 190
Cedrus atlantica 168, 171, 172, 173, *, 188, 193
C. deodara 168, 172, *, 188, 193
C. libani 168, *, 188, 193
Cephalotaxus drupacea *,
Ceratonia siliqua 165, 168, 171, **182,** *, 187
Chamaerops humilis 168, 171, **179,** *, 188, 190
Choisya ternata *
Cinnamomum camphora 166, 167, **181,** *, 190
C. glanduliferum 166, 167, 172, 173, **181,** *, 190
Citrus-Arten 160, 166, 167, 169, 176, 182 193
C. aurantium 169, 172, 173, **182,** 190, 191, * 193
C. limon 169, 170, 172, 173, 182, 191, 193
C. reticulata (syn. C. nobilis) 182
C. sinensis 182
Cocos australis, siehe Butia
Cordyline-Arten **179**
C. australis 179, *
C. banksii 179
Cornus capitata **184,** *, 190
Cryptomeria japonica *
Cupressus arizonica *
C. macrocarpa 167, **177,** *
C. sempervirens 163, 166, 167, 171—173, 193, *

Cycas revoluta **177,** *

Dasylirion acrotrichon *

Elaeagnus pungens var. reflexa *
Eriobotrya japonica 163, 166, 172, **173, 181,** *, 191, 193
Erythea armata **179,** *
Eukalyptus-Arten 184
E. globulus 169, 172—176, **184,** *, 188 bis 191, 193
E. viminalis 176, **184,** *, 188, 190
Evonymus japonica 176, **183,** *, 189

Fatsia sieboldii *
Ficus pumila **180,** *
Fortunella sp. 182

Hedera canariensis **184,** *
H. helix 172, 175, *

Ilex aquifolium 172, *
I. cornuta *

Jasminum azoricum 176, **186,** *
J. grandiflorum 176, **186,** 190
J. nudiflorum **186**
Jubaea spectabilis **178,** *

Laurocerasus lusitanicus **182,** *
L. officinalis 167, 172, 175, 176 *
Laurus canariensis 181, *
L. nobilis 163—168, 171, 173, 176 **181,** *, 188, 191, 193
Ligustrum japonicum **186,** 190—193, *

Magnolia grandiflora 163, 166, 172, 173, **180,** *, 190—193
Mahonia sp. *
Musa basjoo 172, 180
M. cavendishii 180, *
M. ensete **180,** *, 187
M. paradisiaca 180
Myrtus communis 166—169, 171, 176, **184,** 191

Nandina domestica *
Nerium oleander 159, 166—171, 173, 176, **186,** *, 188—193

Olea europaea 153, 160, 166, 171, 173, **185,** *, 188—190
Opuntia-Arten **183,** 190
O. ficus indica 183
Osmanthus fragrans **183,** *
O. ilicifolius 186, *

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Passiflora sp. **183**, *, 187
Phoenix dactylifera 168, **178**, *, 187, 191, 193
Ph. jubae 168, 172, 173, **178**, *, 187, 188, 191, 193
Photinia serrulata 163, **181**, *
Phyllostachys mitis **179**, *
Pinus halepensis 166—172, **178**, *, 190
P. pinea 166—172, 176, **178**, *, 191—193
Pistacia lentiscus **183**, *
Pittosporum tobira 176, **181**, *

Quercus ilex 153, 166, 168, 171—173, *
Qu. suber 166, 168, 171, 172, **180**, *, 191

Rhamnus alaternus 166, 167, 171, **183**, *, 188
Rhododendron catawbiense 167, 172
Rh. ferrugineum 174
Rh. ponticum 167, 172
Rosa banksiae *
Rosmarinus officinalis 166—171, **186**, *, 191, 193

Ruscus aculeatus *
R. hypoglossus *

Schinus molle **183**, *, 187
Sequoia gigantea *
S. sempervirens **177**, *, 190
Skimmia japonica **183**, *
Stauntonia hexaphylla **181**, *

Taxus baccata *
Thuja gigantea **167**, *
Trachelospermum jasminoides **186**, *
Trachycarpus fortunei 163, 168, 172, 173, **179**, *, 190, 191, 193

Viburnum tinus 163, 166—171, 176, *, **187**, 188

Washingtonia filifera 178, *, 191

Yucca sp. *

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. Walter Larcher, Innsbruck, Sternwartestr. 12

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: 43

Autor(en)/Author(s): Larcher Walter

Artikel/Article: Winterfrostschäden in den Parks und Gärten von Arco und Riva am Gardasee (mit 22 Abbildungen im Text und auf Tafel XIV, XV, XVI und XVII). 153-199