

# Zum gegenwärtigen Forschungsstand der Frostbekämpfungsmethoden in der Steiermark im Vergleich mit den Entwicklungen im Ausland (speziell Kalifornien)

Von REINHOLD LAZAR

## 1. Einleitung

Seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges gewann der Anbau von Sonderkulturen in der Steiermark rasch an Bedeutung; er erfüllte eine wichtige Funktion zur Erhaltung der Voll-, aber auch der Nebenerwerbsbetriebe im Sinne einer Existenzgrundlage und trug damit wesentlich zur Dämpfung der sogenannten Landflucht bei. Dies betrifft insbesondere den grenznahen Bereich, etwa die Südweststeiermark und das strukturschwache Oststeirische Grabenland, wo die Schwarze Johannisbeere eine Vorrangstellung innerhalb der Sonderkulturen einnimmt.\* Gerade die Schwarze Johannisbeere zählt jedoch zu den frostempfindlichen Kulturen, und die Schäden waren in den Jahren 1976–1981 beträchtlich (Ausmaß: mehrere Mill. S). Im Zuge dieser wiederholten Schadfröste in Mitteleuropa wurden nach einer spätfrostarmen Periode (etwa von 1960–1970) Frostbekämpfungsversuche mit technologischen Weiterentwicklungen von schon bisher, vor allem in den spätfrostreichen 50er Jahren, bewährten Verfahren forciert. Eine dieser Verbesserungen beruhte auf der Basis der Infrarotstrahlung glühender Bleche („Infrarotstrahler“). Dank der Unterstützung durch das Land Steiermark (aufgrund eines Landtagsbeschlusses) und Mittel des Ministeriums für Land- u. Forstwirtschaft wurde im Jahre 1980 mit einem Forschungsprojekt begonnen, dessen Ziel es war, die Eignung dieser „Infrarotstrahler“ für die heimischen Sonderkulturen, insbesondere die Schwarze Johannisbeere, hinsichtlich Wirksamkeit (Ausmaß des Frostschutzes) und Wirtschaftlichkeit zu überprüfen; im Rahmen dieses Projektes sollten gleichzeitig auch Alternativen für eine sinnvolle Frostbekämpfungsmethode aufgezeigt werden.

Die vorliegende Arbeit faßt nun im wesentlichen die Ergebnisse der Versuche, aber auch das Erfahrungsgut aus dem Ausland aufgrund von Studienreisen (Schweiz, Südtirol, Kalifornien) zusammen. Zu Beginn sei wegen der wirtschaftlichen Bedeutung von geeigneten Frostbekämpfungsmethoden noch ein Rückblick über das durch Spätfröste verursachte Schadensausmaß gegeben, wobei zu bedenken ist, daß gerade in Spätfrösten gute Marktpreise zu erzielen wären und somit das Argument einer Gefahr durch Überproduktion infolge verstärkten Ausbaues der Anbauflächen mit Preisverfall in „guten“ Jahren nur bedingt gilt. Erstens betrifft eine sinnvolle Frostbekämpfung vorwiegend Lagen mit einem Mindestmaß an Frostschutz infolge topografischer Lage (ausreichender Abstand zur Talkaltluft; im wesentlichen Riedelstandorte); zweitens müßte das Ausmaß der Anbauflächen über wirtschaftliche Faktoren (z. B. Förderungen) steuerbar sein.

## 2. Überblick über das Ausmaß der Frostschäden an Sonderkulturen in der Steiermark seit 1950

In der Periode 1951–60 waren vor allem in den Jahren 1953 (tiefste Maitemperaturen der letzten Dezennien,  $-7^{\circ}$  in den Tallagen,  $-2^{\circ}$  bis  $-4^{\circ}$  noch auf den Riedeln), 1955, 1957 (mit Schneefall, ein etwa 20jähriges Ereignis) und 1959 Schäden zu verzeichnen. Das darauffolgende Jahrzehnt blieb im wesentlichen von Schadfrösten verschont, sieht man von Ausnahmen ab: Juni 1962, Fröste in exponierten Tallagen (Thalerhof  $-0,6^{\circ}$ ), Schäden an

\* Der weitaus überwiegende Teil der Ernte wird exportiert und trägt somit zur Verminderung des Handelsbilanzdefizites bei.

Maiskulturen; April 1968/selbst auf den Riedeln Minima bis  $-6^{\circ}$  (die tiefsten Aprilminima seit dem Zweiten Weltkrieg), doch wegen Vegetationsrückstand kaum Schäden. Die Periode 1971–80 begann, wenigstens für die Südweststeiermark, mit den Jahren 1971 und 1972 unheilvoll und bescherte mit den Spätfrösten der Jahre 1976–1979 gerade im Grenzland derartige Schäden, daß Betriebe in ihrer Existenz gefährdet waren. Graphisch ist dies anhand der beiden folgenden Abbildungen 1a und 1b dargestellt, wobei die „möglichen“ Erträge proportional dem Zuwachs der Anbauflächen bestimmt wurden und bei den „tatsächlichen“ Erträgen Verluste infolge Trockenheit nicht berücksichtigt werden konnten. Trotzdem vermittelt diese Schätzung ein eindrucksvolles Bild über den Verlauf in den Jahren 1962–1980. Der Vergleich der Bezirke Deutschlandsberg – Leibnitz zeigt, daß sich der Spätfrost am 12. Mai 1978 (mit Schneefall, vor allem im Südwesten) in der Südweststeiermark gravierender ausgewirkt hat. Aufgrund telefonischer Rundfragen bei Betrieben bzw. der Teilergebnisse aus den Bezirken ergibt sich für den Schadfrost am 12. Mai folgendes Bild (Abb. 2): Während in der Oststeiermark nahezu keine Ausfälle zu verzeichnen waren, stieg das Ausmaß im Südwesten auf über 70% an, wobei es sich bei dem Schneefall um ein Jahrhundertereignis handelt (letzte Schneefälle im Mai generell noch in der ersten Woche); in der Südweststeiermark muß jedoch infolge der größeren Niederschlagsergiebigkeit bei Kaltlufteinbrüchen, verbunden mit Sekundärtiefbildung über der Adria, allgemein mit höherer Wahrscheinlichkeit eines Maisneefalles als etwa im Grazer oder im Weizer Raum gerechnet werden. Eine Bestätigung dafür liefert auch der Starkschneefall in der Südweststeiermark vom 2. zum 3. Mai 1979 (mit Gewitter!); lokal überstieg die Schneedeckenmächtigkeit 10 cm, während etwa in Graz nur wenige Zentimeter fielen und die Schneedecke rasch ausaperte. Der am 4. nach Aufklaren folgende Strahlungsfrost führte im Raum Eibiswald zu Ausfällen von über 80%.

Zusammenfassend läßt sich somit sagen, daß gerade in der Südweststeiermark der Einsatz von Frostbekämpfungsmethoden wirtschaftlich durchaus vertretbar und im Sinne der

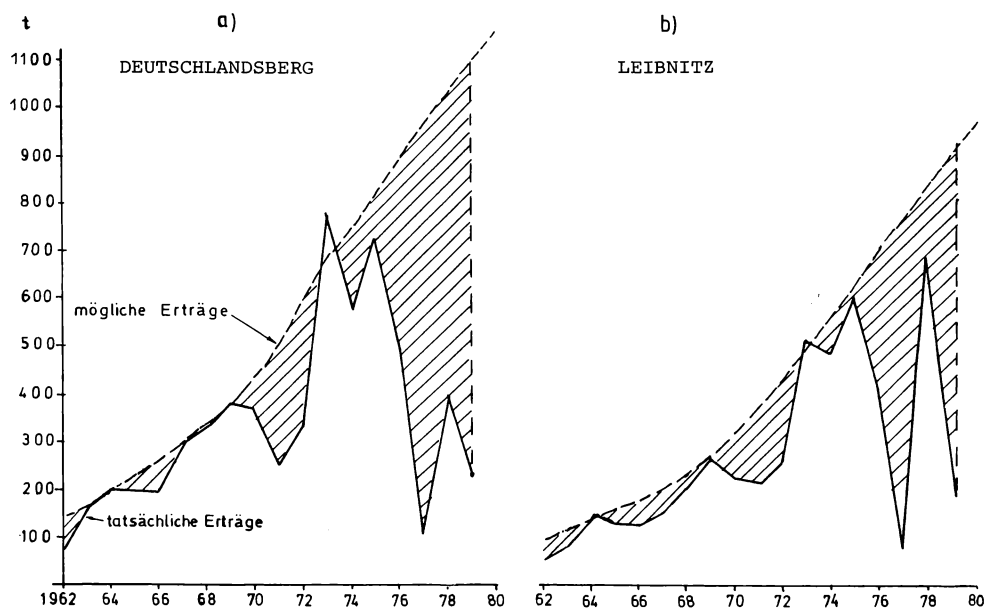


Abb. 1: Schätzung der Frostschäden aus der Entwicklung der möglichen Erträge (Quelle: Erträge und Anbauflächenstatistik der Steirischen Beerenobstgenossenschaft).

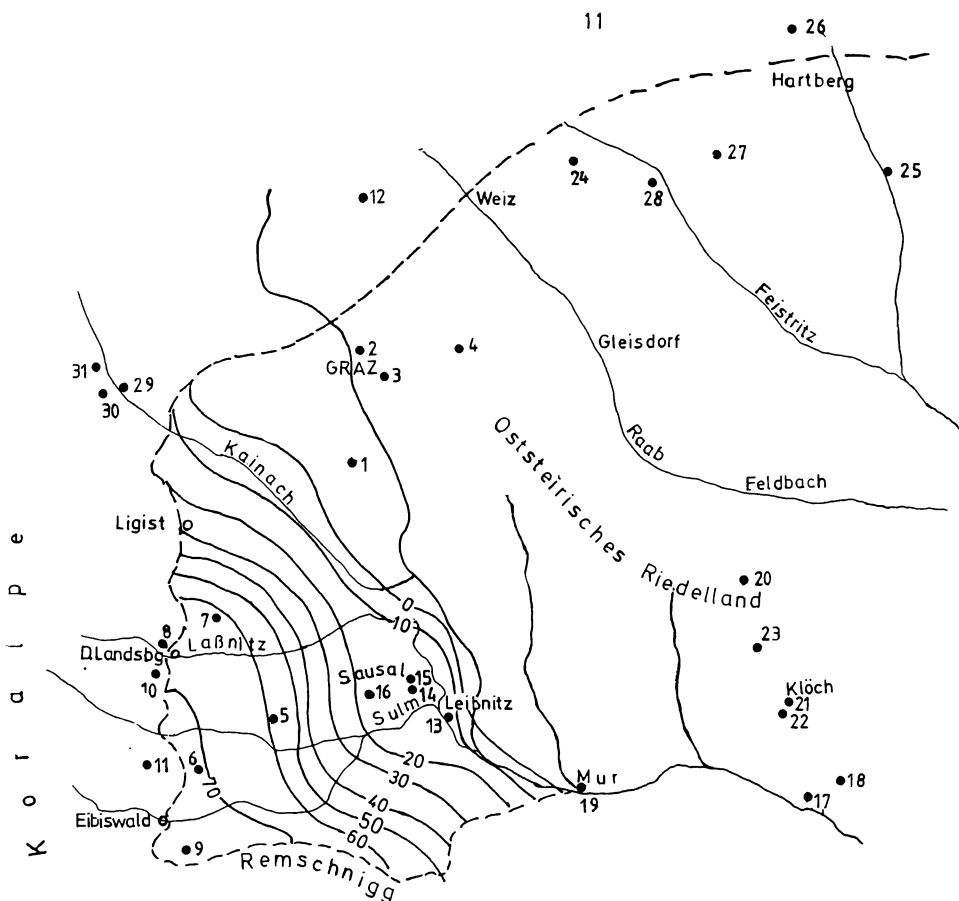


Abb. 2: Das Ausmaß der Frostschäden durch den Spätfrost am 12. Mai 1978 (Strahlungsfrost, im Südwesten mit Schneedecke; Osten und Norden stark begünstigt), ausgedrückt in % des zu erwartenden Ertrages.

Grenzlandförderung notwendig wäre; das Schadensausmaß wäre vor allem bei den Strahlungsfrost 1976, 1978 und 1979 merklich zu reduzieren gewesen. Gegen außergewöhnliche Ereignisse, wie etwa die überaus rasche Vegetationsentwicklung im Februar und März 1977 und den nachfolgenden Advektivfrost am 31. März mit Schneefall (im Südwesten 20–30 cm!) bei Temperaturen zwischen  $-3$  und  $-4^{\circ}$  (in den höheren Lagen) bleiben sämtliche Methoden wirkungslos (mit Ausnahme der aufwendigen Überdeckung); allerdings zeigen die Ergebnisse der letzten 30 Jahre, daß sogenannte Advektivfröste im Gegensatz zu Deutschland in der Steiermark (infolge der Abschirmung durch die Alpen) relativ selten sind. Im folgenden sei der Verlauf einer Spätfrostperiode mit teils advektivem, überwiegend jedoch strahlungsbedingtem Charakter analysiert.

### 3. Advektiv- und Strahlungsfrost, erläutert anhand der Periode vom 17.–23. 4. 1981

Für eine sinnvolle Frostbekämpfung sind Unterlagen hinsichtlich des Verhältnisses Advektivfrost – Strahlungsfrost von großer Bedeutung. Der Advektivfrost ist durch eine kräftige Temperaturabnahme mit der Höhe gekennzeichnet, wodurch das Schadensausmaß gerade in den sonst begünstigten, windoffenen, höheren Riedellagen ein Maximum erreicht; Tallagen bleiben meist verschont (Beispiel 31. März 1977). Die Temperaturab-

nahme wird durch die anhaltende Zufuhr von polarer Kaltluft bei gleichzeitig starker Bewölkung (Behinderung der Ausstrahlung), eventuell mit Schneefall (vor allem bei Sekundärtief), oder aber auch mit heftigem Wind („Windfrost“) – wie beispielsweise am 17. 4. 1981 – im Raum Hartberg–Weiz verursacht. Eine sinnvolle Frostbekämpfung beginnt, wie dies etwa in Südtirol gehandhabt wird, mit ausreichender Information über den Rundfunk im Rahmen eines agrarklimatologischen Beratungsdienstes. So hätte am 17. 4. eine Spätfrostwarnung mit der Gefahr eines „Windfrostes“ erfolgen müssen; einige Obstbauern versuchten nämlich in der Nacht zum 18. 4. mittels Beregnung einen Schaden zu verhindern, stellten jedoch dann fest, daß in den nicht beregneten Feldern die Schäden weitaus geringer waren. Als Ursache kommt nur die Verdunstungskälte in Frage, die bei entsprechender Windstärke entweder eine Intensivierung der Beregnung (Ausgleich durch mehr Gefrierwärme) oder überhaupt eine Nichtinbetriebnahme der Anlage erfordert.

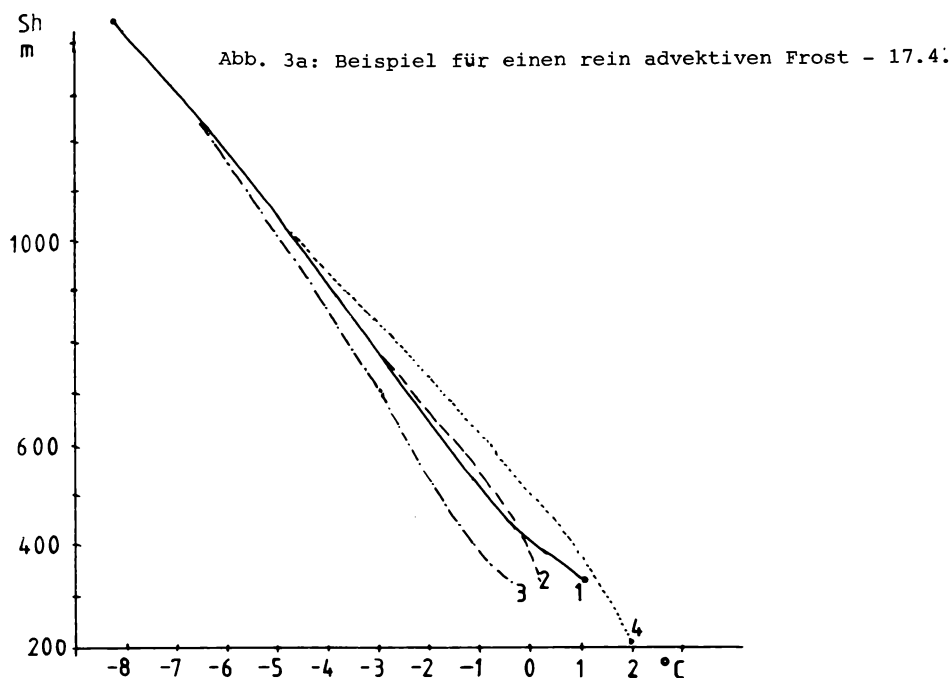
Tab. 1: Temperaturminima aus der Frostperiode vom 17.–23. 4.

Nr. Station		Sh. m	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	Mittel
I	1 Graz-Thalerhof	342	1,2	-0,9	-3,1	-1,5	4,3	-2,9	-0,1	-0,4
	2 Graz-Universität	367	1,3	-0,2	-1,3	0,1	4,7	-0,1	2,3	1,0
	3 Messendorfborg	429	-0,4	-1,1	-1,0	1,0	3,7	1,0	3,0	0,8
	4 Laßnitzhöhe	540	-1,3	-2,3	-1,5	0,7	3,2	4,1	3,8	0,9
II	5 Otternitz	325	0,4	-1,7	-6,1	-4,3	2,0	-4,6	-2,8	-2,4
	6 Wies	380	0,3	-1,0	-3,3	-1,8	1,4	-1,8	1,4	-0,6
	7 Rassach	400	0,0	-0,2	-2,2	-2,0	3,4	-1,2	2,2	0,0
	8 Deutschlandsberg	410	0,0	-0,5	-2,4	-1,2	3,7	0,4	2,0	0,2
	9 Eibiswald	510	-0,8	-1,2	-1,2	-0,1	3,0	2,8	2,4	0,7
	10 Kraxner bei Deutschlandsberg	560	-1,0	-0,7	-0,8	0,6	3,4	4,0	4,0	1,3
	11 Wiesel	900	-3,9	-4,1	-3,8	-1,4	0,6	2,6	1,2	-1,2
	12 Schöckl	1432	-8,2	-8,6	-8,8	-5,2	-4,6	-0,7	-1,5	-5,0
III	13 Leibnitz	276	2,8	-1,2	-4,6	-1,9	4,0	-1,8	-1,2	-0,5
	14 Kittenberg	400	0,6	-1,6	-2,3	-0,4	3,6	0,6	2,7	0,4
	15 Kogelberg	460	0,2	-2,0	-1,8	-0,9	3,2	1,0	3,2	0,4
	16 Kitzeck	500	-0,4	-1,3	-1,4	-1,0	3,7	3,8	4,0	1,0
IV	17 Bad Radkersburg	206	1,9	0,4	0,4	-2,3	4,5	0,1	1,2	0,8
	18 Zelting	205	2,0	-1,0	1,0	-3,2	3,8	-2,8	-0,2	-0,1
	19 Lichendorf	245	1,7	-1,4	-2,5	-3,7	4,2	-3,2	0,6	-0,6
	20 Bad Gleichenberg	296	1,2	0,0	-0,5	-1,2	4,8	-0,5	2,8	0,9
	21 Klösch I	340	1,4	0,2	1,4	2,3	4,8	4,3	4,4	2,7
	22 Klösch II	400	0,8	-0,6	1,0	1,6	4,3	5,2	4,3	2,4
	23 Rosenberg	450	0,4	-1,0	0,8	1,2	4,0	6,2	5,0	2,4
V	24 Hohenitz	430	-1,4	-1,3	-1,0	-0,4	3,2	0,6	2,0	0,3
	25 Wörtherberg	400	-1,1	-0,6	-0,4	-0,6	4,4	0,4	3,4	0,8
	26 Grafendorf	450	-1,2	-3,2	-2,2	-1,6	2,8	-0,3	0,2	-0,8
	27 Kaindorf	350	-2,8	-2,8	-1,6	-2,6	2,6	-1,6	-0,6	-1,3
	28 St. Johann/Herberst.	420	-1,2	-0,7	-0,2	0,7	3,8	4,8	3,0	1,5
VI	29 Voitsberg I	380	0,0	-1,1	-5,2	-2,8	3,0	-3,5	-1,8	-1,0
	30 Voitsberg II	450	-0,3	-1,0	-3,7	-1,6	2,9	-1,5	0,6	-0,7
	31 Karmelberg/Bärnbach	540	-1,1	-2,0	-3,5	-1,8	2,7	1,4	0,8	-0,5

Die Lage der Stationen ist in Abb. 2 enthalten.

Erläuterungen der Meßgebiete					
I	Raum Graz	III	Sausal	V	Raum Hartberg, Weiz
II	Südweststeiermark	IV	Raum Radkersburg/Feldbach	VI	Raum Voitsberg-Köflach

Abb. 3: Vertikale Temperaturprofile (Temperaturminima) aus verschiedenen Frostnächten der Periode vom 17.–23. 4. 1981; Erläuterungen im Text.



In Abb. 3a erkennt man die recht einheitliche Temperaturabnahme (etwa  $-0,8^{\circ}/100\text{ m}$ , für den Raum Klöcher  $-0,9^{\circ}/100\text{ m}$ ) bei gleichzeitiger Begünstigung des Klöcher Gebietes, wo die Minimumtemperaturen bezogen auf gleiche Seehöhe bis zu  $2^{\circ}$  höher lagen als im Hartberger Raum (Abb. 2). Hier traten in Lagen ab ca. 450 m Frosts Schäden auf, bedingt durch anhaltenden Wind („Windfrost“).

In Abb. 3b kommt der advektive Charakter noch sehr stark zur Geltung; nur in windgeschützten Tallagen konnte sich eine eigenbürtige Kaltluft bilden.

Bei weiter anhaltender Kaltluftzufuhr klarte es in der Nacht zum 19. 4. auf; in den windgeschützten Lagen der Südweststeiermark sanken die Temperaturen bis auf  $-6^{\circ}$  (Tallagen) bzw. auf  $-2^{\circ}$  (Riedeln) ab. Im Klöcher Raum hielt der Nordwind die ganze Nacht derart an, daß selbst in den Tallagen ein Frost unterblieb.

Schließlich gewann aber der Hochdruckeinfluß wieder die Oberhand; der Schöckl verzeichnete um  $7,5^{\circ}$ , die Riedellagen um durchschnittlich  $5-6^{\circ}$  höhere Minima, während Tallagen wie etwa der Thalerhof relativ niedrige Werte registrierten (22. 4., Abb. 3d).

Die Temperaturminima von 31 ausgewählten Stationen während dieser Periode sind ferner in der Tab. 1, die Lage der Stationen in Abb. 2 enthalten.

Die Analyse der letzten 3 Jahrzehnte hat gezeigt, daß Strahlungsfröste bei weitem überwiegen, was durch die abgeschirmte Lage des südöstlichen Alpenvorlandes verständlich wird. Nicht selten gehen dem Schadfrost in Zusammenhang mit Sekundärtiefs Schneefälle voraus (vor allem im Südwesten), die einen advektiven Charakter vortäuschen; sie tragen jedoch wesentlich zur Frostverschärfung bei.

Abb. 3b: Beispiel für einen überwiegend advektiven Frost -

18.4.

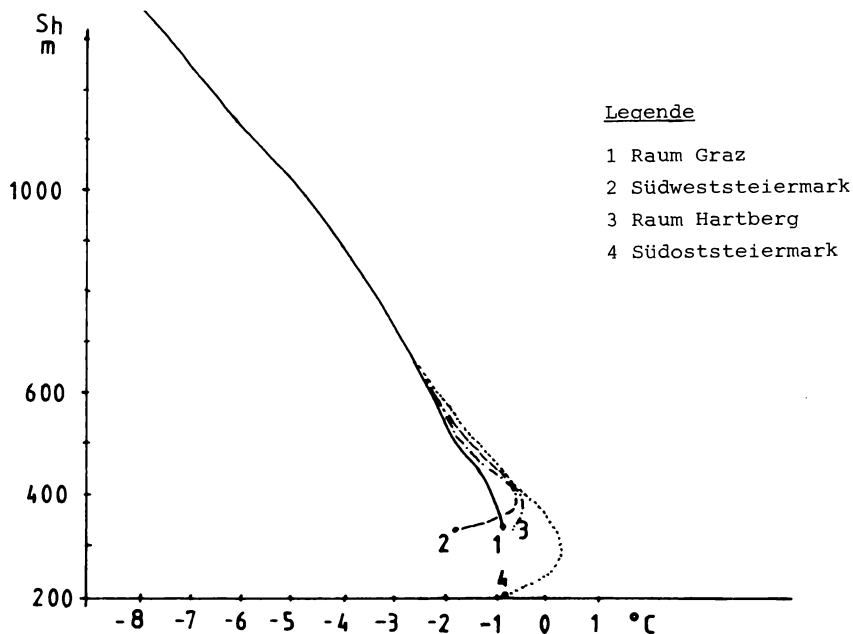


Abb. 3c: Beispiel für einen teils advektiven (in höheren Lagen "Windfrost"), teils strahlungsbedingten Spätfrost - 19.4.

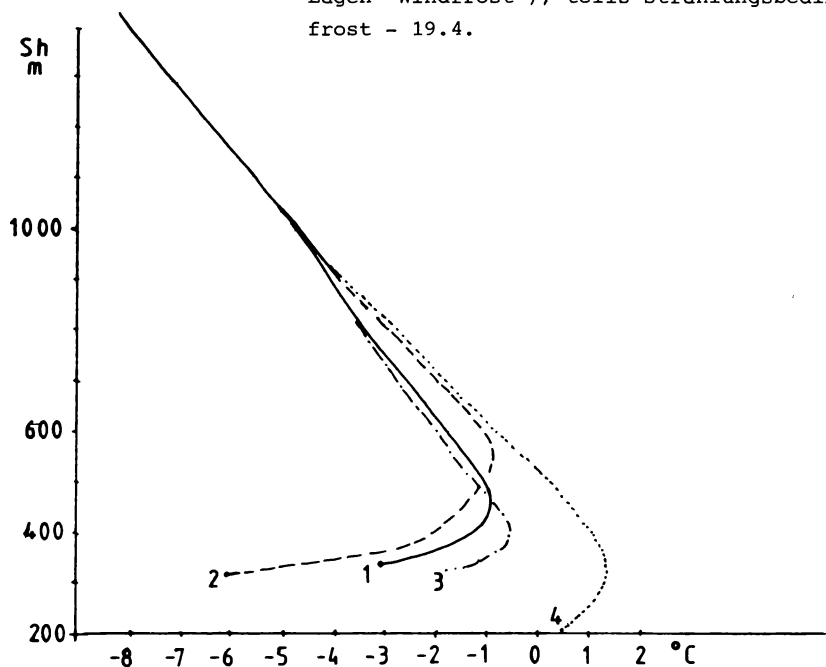
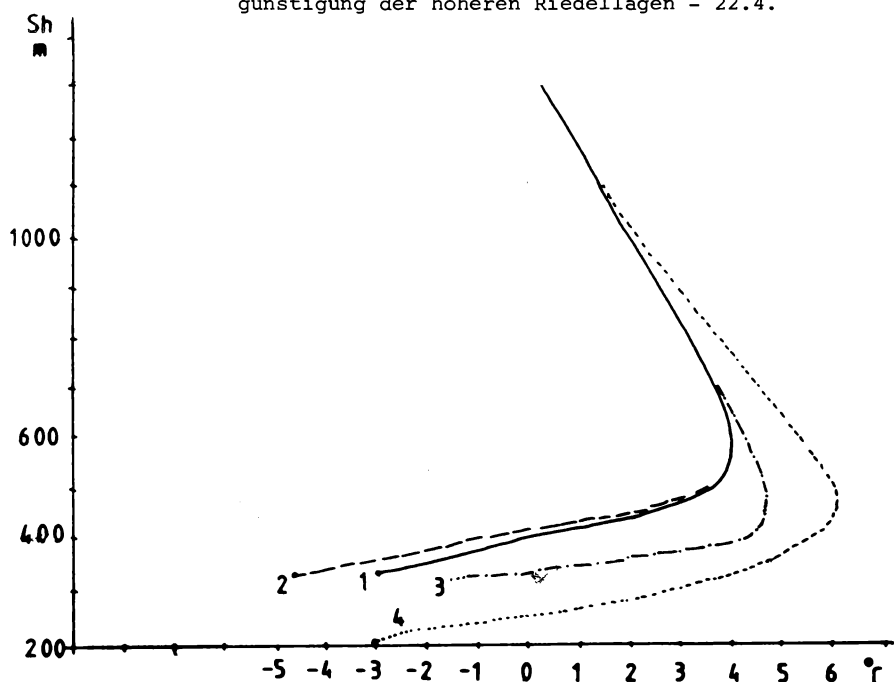


Abb. 3d: Beispiel für einen reinen Strahlungsfrost mit Begünstigung der höheren Riedellagen - 22.4.



#### 4. Frostbekämpfungsmethoden, ihre Vor- und Nachteile bzw. ihre Verbreitung. Bedeutung des „passiven“ Frostschutzes.

##### 4.1. Die „alten“ Methoden („Räuchern“, „Vernebeln“)

Die Methode des „Räucherns“ ist schon von den Römern angewendet worden; später scheint sie im 18. Jahrhundert wieder auf. In der Steiermark wurden 1977 bei Silberberg bzw. 1979 in Rassach Versuche durchgeführt. Sie zeigten, daß bei Windstille 1–2° Erwärmungseffekt infolge verminderter Ausstrahlung möglich sind, jedoch in der Regel das Einströmen von Kaltluft aus der Umgebung nicht verhindert werden kann. Eine Schutzwirkung wäre demnach nur dann gegeben, wenn es gelingt, über einem Becken bzw. Tal eine geschlossene Rauch- bzw. Nebeldecke zu erzeugen, wie dies nach F. Schnelle (1963) von der Schweiz berichtet wird (Mitwirkung mehrerer Bauern). Für das „Vernebeln“ gilt generell dasselbe; vor allem nach dem 1. Weltkrieg versuchte man mit chemischen Verbindungen („Nebelsäure“), allerdings mit relativ wenig Erfolg, die Frostbekämpfung.

##### 4.2. Die Bedeckung

Vor allem in der Schweiz fand der „Frostschirm“ aus Stroh im Weinbau reichliche Anwendung (1957 über 1 Mill. Stück im Einsatz). Der Erwärmungseffekt kann mit etwa 1–2° angegeben werden. Das Verfahren bleibt jedoch für die Steiermark mit der Drahtrahmenkultur im Weinbau bedeutungslos. Für die Bedeckung und damit Schutz vor direkter Ausstrahlung wurden ferner Plastikfolien getestet, deren Anschaffungskosten mit der Installation relativ hoch liegen. Bei größeren Flächen ist außerdem eine Gefährdung durch Starkwinde gegeben.

### 4.3. Die Beregnung

Diese Methode hat sich mehr und mehr durchgesetzt, insbesondere in Südtirol, wo durch entsprechend gut ausgebaute Leitungssysteme die großen Wassermengen während der Frostnacht an die einzelnen Anlagen abgegeben werden können. Infolge der Anlagendichte (intensive Nutzung des Etschtales) und genossenschaftlicher Organisation war die finanzielle Belastung für die Obstbauern tragbar. Speziell in der Steiermark eignen sich nach Schätzungen nur etwa 5% der Anlagen für eine Beregnung; das Wasserdargebot reicht in vielen Fällen nicht aus bzw. nur für 1 bis 2 Frostnächte. Gleichzeitig ergeben sich beträchtliche Nebenkosten aus der Anlegung eines Teiches – etwa im tertiären Riedelland durchaus technisch durchführbar – mit einem entsprechenden Pumpensystem. Das „Anzapfen“ von Vorflutern, wie etwa Raab, Laßnitz und Sulm, erfordert eine wasserrechtliche Genehmigung; zudem wird die Länge der Leitung zur Anlage in der Regel sehr groß. Die Beregnung zeichnet sich durch einen relativ hohen Frostschutz (bis zu  $-6^{\circ}$  bei Windstille) aus, wobei jedoch der Schutzeffekt rasch mit zunehmender Windstärke nachläßt (Verdunstungskälte!) bzw. ab Windgeschwindigkeiten über 5 m/sec bei gleichzeitig niedriger relativer Feuchte (etwa ab 60%) eine Inbetriebnahme unterbleiben sollte. Eine nicht unwesentliche Rolle spielt dabei die Größe der beregneten Oberflächen der Kulturen. So ist beispielsweise im Weinbau eine größere Regendichte erforderlich als in einer Apfelanlage. Hinsichtlich der Gefährdung durch Bruchschäden muß in Abhängigkeit von der Sonderkultur Rücksicht auf die Regendichte genommen werden, um die Eislast in Grenzen halten zu können.

### 4.4. Die Beheizung

Ziel der Beheizung ist es, durch Konvektion und durch Infrarotstrahlung einen Schutzeffekt zu erreichen. Die in den späten 50er Jahren verbreitet eingesetzten Ölföfen in einfacher Bauweise – oft nur mit Löchern versehene Blechkübel – basierten im wesentlichen nur auf Erwärmung durch Konvektion. Dadurch war eine hohe Anzahl von Öfen (300–400/ha) notwendig. Speziell in Kalifornien wurde dann ein sogenannter Kaminofen „Return-Stack“ entwickelt, dessen Vorteile in einer zusätzlichen Strahlung vom Rohr und in einer restlosen, umweltfreundlichen Verbrennung des Öls durch Rückführung von erhitzter Luft in den Verbrennungsraum (Abb. 4) lagen. Dieser Typ hat sich entscheidend durchgesetzt und wird nach den Ergebnissen einer Studienreise in Kalifornien auch heute eingesetzt, meist in Kombination mit der Bewindung (Windmaschinen zur Durchmischung der bodennahen Luftschicht). Die Preisentwicklung am Ölsektor und die relativ hohen Anschaffungskosten lassen die Beheizung mittels Ölföfen aus wirtschaftlicher Sicht unrentabel erscheinen. Den Erwärmungseffekt kann man je nach Dichte und Leistung der eingesetzten Öfen auf  $1-3^{\circ}$  (Schutz bis etwa  $-5^{\circ}$ ) veranschlagen.

Aus den USA stammt nun eine Methode der Beheizung, deren Schwerpunkt auf der direkten Infrarotstrahlung beruht. Auf einem Gerüst (ca. 6 m über Grund) heizt ein Ölbrenner eine konisch geformte Brennkammer bis zur Rotglut auf (Oberflächentemperatur um  $800^{\circ}\text{C}$ ). Die Strahlung wurde mittels Reflektor auf die zu schützende Fläche gelenkt; als Effekt wurde ein Wert von ca.  $2^{\circ}$  angegeben. Speziell in Kalifornien entwickelte man einen Strahler mit elektrischer Energieversorgung (Leistung 260 W je Strahler). Tests der Außenstelle der Kalifornischen Landwirtschaftlichen Universität in Davis (bei Sacramento) ergaben Probleme hinsichtlich Wirtschaftlichkeit bzw. Energieversorgung (eigene Trafostation notwendig). In der Steiermark wurde ebenfalls ein Meßprogramm an Strahlern mit Propangasbrennern in einer Anlage nahe bei Graz vorgenommen; die Ergebnisse werden in einem eigenen Abschnitt näher behandelt.



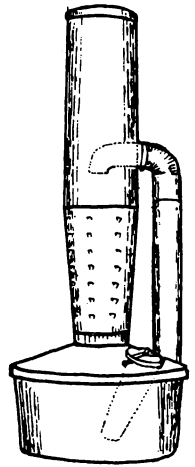


Abb. 4: „Return-Stack-Öl-(Kamin-)ofen“, wie er in Kalifornien noch häufig zum kombinierten Einsatz mit Bewindern verwendet wird. Vorteile: umweltfreundliche Verbrennung, Strahlung über das Kaminrohr, Konvektion.

#### 4.5. Die Bewindung

Noch vor dem zweiten Weltkrieg gab es Versuche, mittels Propeller und der damit verbundenen Durchmischung der bodennahen Luftschichten einen Temperatureffekt zu erzielen. Ab etwa 1950 wurde die Technologie wesentlich verbessert. Neben horizontal blasenden Propellern wurden auch solche mit vertikalem Ansaugen eingesetzt. Letztere zeigten jedoch eine geringere Reichweite infolge Reibungsverluste. Für kleinere Anlagen (ca. 1 ha) haben sich nach Erfahrungswerten aus Südtirol (J. v. Eimern, C. Ellena, 1958), aber auch aus Deutschland, Bewinder mit Propellerdurchmessern von 2 bis 4 m, Umdrehungszahlen zwischen 500–800/min und einer Motorleistung von ca. 20 PS bewährt; die Blasrichtung war 20–30° gegen die Horizontale geneigt. Je nach Standort war außerdem eine Rundumdrehung (Rotationsdauer 3–5 min) für flaches Gelände bzw. eine Schwenkung für Hangstandorte möglich. Der Erwärmungseffekt hängt dabei wesentlich von der Stärke, aber auch vom Aufbau der Inversion während der Strahlungsnacht ab. Somit zeigt die Bewindung ihre größte Effizienz in Lagen mit starker vertikaler Temperaturzunahme, in der Steiermark etwa auf breiten Riedelrücken mit Ausbildung einer nur seichten Kaltluftschicht. Im allgemeinen beträgt der Erwärmungseffekt etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{2}{3}$  des Inversionsbetrages, meist 1–3° in Abhängigkeit von der Entfernung zum Propeller (Schutz bis etwa –4°). Zusammenfassend besteht somit gegenüber der Beregnung ein etwas geringerer Schutz bei niedrigeren Kosten (je nach Bewindertyp).

#### 5. „Passiver“ Frostschutz

Nach den Ergebnissen geländeklimatischer Messungen (R. LAZAR 1979b, 1981a, b) zeigte sich die Bedeutung natürlicher und künstlicher Hindernisse für die Behinderung des Kaltluftflusses. Durch Kaltluftstau am Wald wurden an einem mäßig geneigten Osthang in Raaba bei Graz Temperaturerniedrigungen bis zu 5° gemessen (Riedelrücken –1 bis –2°, Waldrandhöhe –6 bis –7°; Abb. 5). In ähnlicher Weise wirken Straßen- und Bahndämme mit Temperaturerniedrigungen von 2 bis 3° (R. LAZAR, 1981b). E. King (1973) hat in diesem Zusammenhang die Auswirkungen von Dammhöhe, Dammbreite bzw. Kaltlufteinzugsgebiet auf die Temperaturverteilung im Stau- und Leebereich genau untersucht. Abhilfe kann durch entsprechend breit gewählte „Kaltluftschneisen“ im Wald bzw. mittels Durchlässen in den Dämmen erzielt werden.

Strömt von Oberhanglagen, vor allem mit geringer Hangneigung, Kaltluft in die Anlage, so wird hingegen ein Waldgürtel zur Abriegelung des Kaltluftabflusses eine Verringerung der Frostgefährdung bewirken. In der Steiermark betrifft dies im wesentlichen Hanglagen am Koralpenrand, aber auch im Raum Hartberg–Weiz.

Zum „passiven“ Frostschutz zählt auch das Kurzhalten des Mulches in den Anlagen während der frostgefährdeten Tage. Vergleiche ergaben Unterschiede bis zu  $2^{\circ}$  (Oberflächentemperatur) zwischen hohem (20–30 cm) und kurzem (5–10 cm) Mulch. Insbesondere verunkrautete Flächen beginnen zuerst, infolge der starken Abkühlung ihrer Blattoberflächen, Reif anzusetzen. Tagsüber kann zudem der Boden mit kurzem Mulch mehr Wärme aufnehmen. Wesentlich zur Verringerung des Frostschadenrisikos trägt der klimatisch ausgerichtete Anbau von Sonderkulturen bei. Bei den Johannisbeeren ist beispielsweise auf den Kaltluftabfluß zwischen den Zeilen zu achten, der nur bei vertikaler (normal zu den Isohypsen) Anordnung der Johannisbeerreihen gewährleistet ist. In der Hanglage in Raaba wurde der Kaltluftabfluß durch die quer zur Hangnormalen verlaufenden Johannisbeerzeilen erschwert, wobei sich der Temperatureffekt dieser Maßnahme mit mindestens  $1\text{--}2^{\circ}$  angeben läßt; hinzu kommt zweifellos noch, daß Johannisbeerkulturen zur Blütezeit bereits eine stattliche Blattoberfläche aufweisen und mehr Kaltluft produzieren als etwa ein Apfelbaum in Blüte.

## 6. Ergebnisse der Untersuchungen mit Infrarotstrahler

### 6.1. Technische Beschreibung

Dieser Strahlertyp (Abb. 5) besteht aus zwei 3 m langen und ca. 30 cm breiten Blechen, die auf zwei Pfählen stehen (Abstand vom Boden ca. 2 m) und nach oben durch Reflektorbleche aus Edelstahl abgedeckt sind. Die Brennstoffzuführung erfolgt über ein Leitungsnetz, das zentral von einem Tank mit zugehöriger Regelstation hinsichtlich des Betriebsdruckes (bis etwa 3 bar) gesteuert wird.

Als Brennstoff dient Propan, das umweltfreundlich verbrennt und einen hohen Brennwert besitzt. Die hohen Abgastemperaturen an der Austrittsöffnung ( $200\text{--}300^{\circ}\text{C}$ ) stellen beträchtliche Verluste an die freie Atmosphäre dar; durch Luftaustausch (Konvektion) werden diese Verluste reduziert, wobei es wesentlich auf die Anordnung und Art der Sonderkultur ankommt (Einfluß der Bodenreibung).

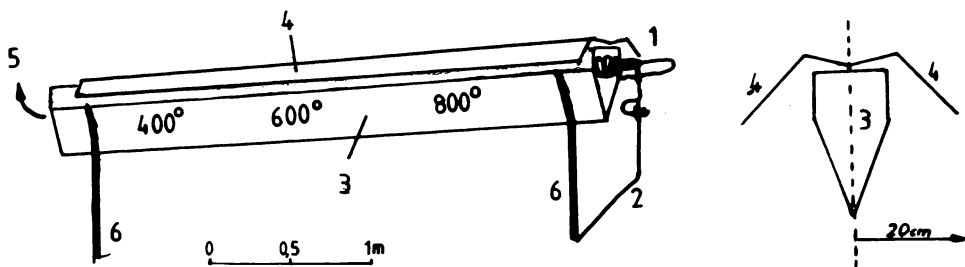


Abb. 5: Infrarotstrahler (Ansicht mit Detail-Brennkammer und beigefügtem Querschnitt) in der Anlage Raaba/Graz:

- 1 Propanbrenner mit Spirale und Thermoventil,
- 2 Gaszuführung (flüssig),
- 3 Brennkammer mit Angabe der Oberflächentemperatur,
- 4 Reflektorbleche,
- 5 Verbrennungsgasaustritt mit ca.  $200^{\circ}\text{--}300^{\circ}$ ,
- 6 Montagehalter für Holzpfähle.

## 6.2. Temperatur- und Strahlungsverhältnisse in der Nähe eines Strahlers

In Übereinstimmung mit Prüfungsergebnissen aus Deutschland nimmt die Temperatur ähnlich einer Funktion der Form  $y = a \cdot x^4$  gemäß dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz ab. Hinsichtlich der Strahlung ergaben die Messungen mittels Sternpyranometer (Meßbereich  $0.3\text{--}3\mu$ ) in 1–2 Meter Entfernung um  $150 \text{ W/m}^2$ , in 7 m nur noch  $6\text{--}7 \text{ W/m}^2$  (untere Meßgrenze des Gerätes). Somit läßt sich die von der Strahlung wirksam erfaßte Fläche (ellipsenartig) mit ca.  $60 \text{ m}^2$  je Strahler angeben. Als sehr negativ fiel die „Schattenwirkung“ auf; dort, wo die Strahlung durch Blätter abgeschirmt wurde, war die Strahlungsbilanz negativ; Reifbildung war zu beobachten.

## 6.3. Meßergebnisse aus einer Johannisbeeranlage in Raaba/Graz

In einer etwa  $7000 \text{ m}^2$  großen Johannisbeerkultur in Oberhang-, teils Mittelhanglage, Neigung ca.  $10^\circ$  mit Ostexposition, wurden 20 Strahler des Typs „Infra-Frostschutzstrahler“ (Abb. 5) gestaffelt errichtet und mittels Leitungsnetz an einen Propangastank angeschlossen.

Zur Feststellung des Erwärmungseffektes fiel die Wahl auf 13 Meßstellen, größtenteils innerhalb der zu schützenden Fläche, zwei davon mit Thermohygraphen; der Rest wurde als Minimumstationen in 1 m über Grund ausgeführt (Minimumthermometer an einem Holzpflock fixiert und mit einer Schutzvorrichtung gegen direkte Sonnenbestrahlung versehen). Zusätzlich erfolgten in den Meßnächten Meßgänge mit Thermistorführern, gleichzeitig bei den einzelnen Meßstellen, wobei die Minimum- und die aktuellen Temperaturen abgelesen und in einem Protokollheft festgehalten wurden. Mittels eines 10-m-Mastes waren auch Aussagen über die vertikale Temperaturzunahme möglich (Abb. 6).

Von besonderem Interesse sind nun die Temperaturverhältnisse während der Meßnacht vom 18. zum 19. 4. 1981, da die Bedingungen als typisch für eine Frostnacht – geringe Bewölkung, schwache Luftbewegung und geringe relative Feuchte – anzusehen sind. In Abb. 7 sind nun Lage der Meßstellen, der Versuchsanlage und die Temperaturverteilung gegen 6 Uhr in ca. 1 m über Grund dargestellt. Deutlich macht sich einerseits die Kaltluftstauwirkung des Waldes bemerkbar; der Erwärmungseffekt von  $0,5$  bis  $1,5^\circ$  führt zu einer Ausbuchtung der Isothermen. Am günstigsten schnitt der Riedelrücken mit seinem

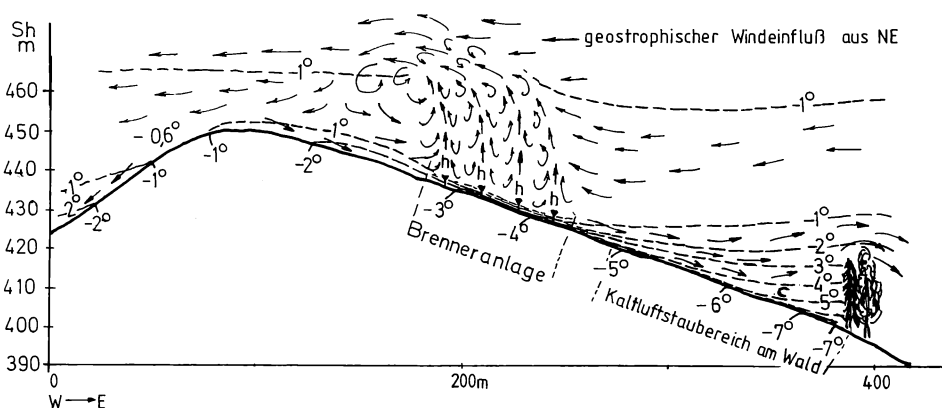


Abb. 6: Vertikalschnitt zu den Temperaturverhältnissen am 19. April 1981, 6 Uhr; zu beachten ist die Kaltluftbildung infolge Stau am Wald (bis  $-7^\circ$ ) im Gegensatz zum Westabfall des Riedels (Temperatur um  $-0,5^\circ$ , Pfirsichanbau); im Bereich der Brenner aufsteigende Heißluft mit Turbulenzen.

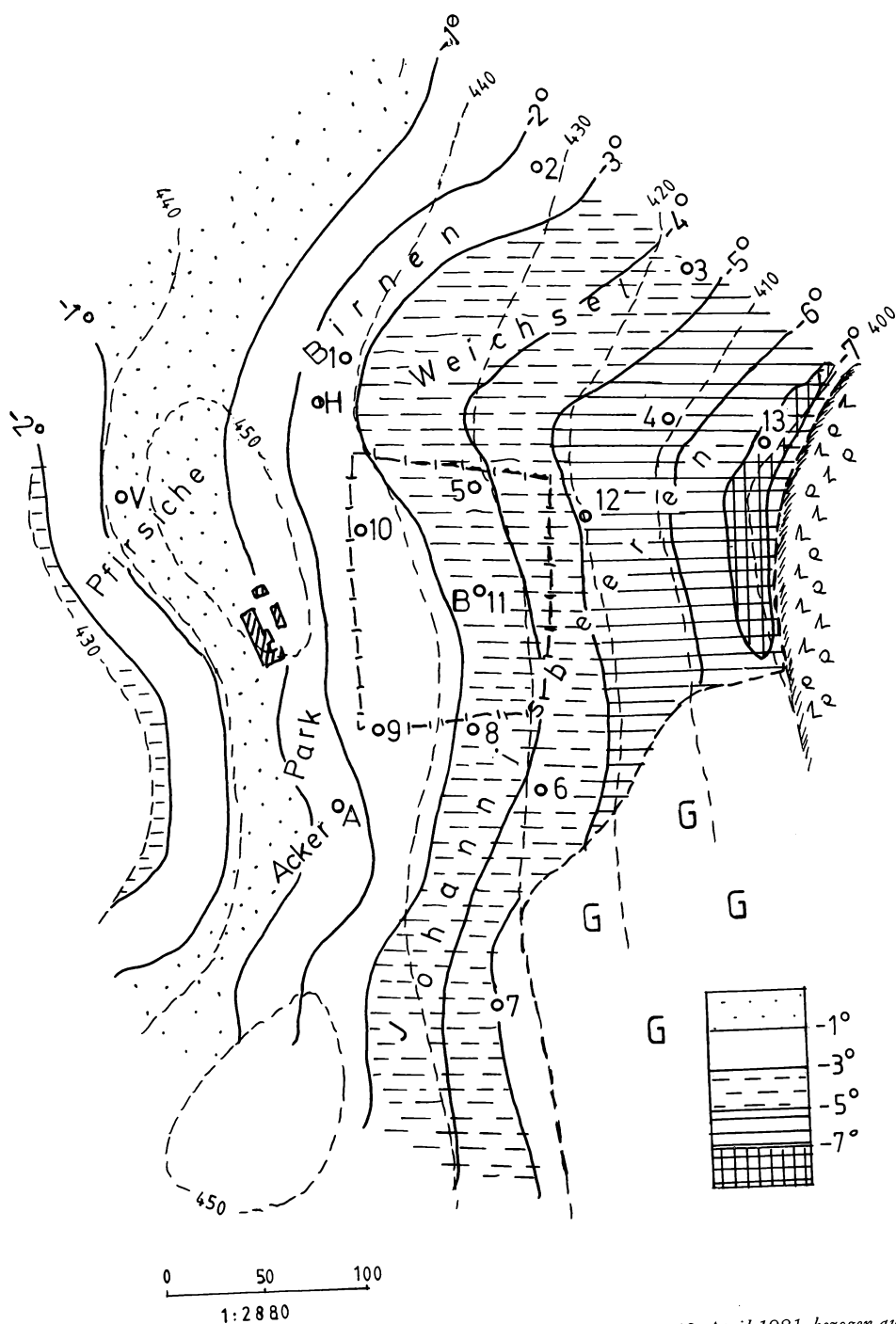


Abb. 7: Temperaturverteilung zum Zeitpunkt des Minimums gegen 6 Uhr am 19. April 1981, bezogen auf 1 m Höhe über Grund.

steilen westexponierten Oberhang (mit Pfirsichen) ab (Temperaturen um  $-1^{\circ}$ ). In der zu schützenden Johannisbeerkultur konnte trotz voller Leistung der Brenner ein Absinken unter  $-3^{\circ}$  nicht verhindert werden (tiefste Werte um  $-4^{\circ}$ ). Die Abschätzung des Temperatureffektes erfolgte mittels eines Vergleiches von Meßstellen in gleicher Seehöhe (Abb. 8) außerhalb und innerhalb der Anlage; daraus läßt sich ein maximaler Effekt von  $1,5^{\circ}$  ableiten. Es wäre hingegen völlig unzulässig, den Temperatureffekt einer solchen Anlage mittels Vergleichen zwischen tiefst gelegenen und deshalb a priori stärker kaltluftgefährdeten Meßpunkten mit Meßstellen im Oberhangbereich zu erstellen.

#### 6.4. Abschließende Beurteilung

Der zu testende Strahlertyp „Infra-Frostschutzstrahler“ erfüllte – zumindest in Johannisbeerkulturen mit isohypsenparalleler Zeilenanordnung und damit zweifellos erschwertem Kaltluftabfluß – nicht die Voraussetzungen für eine ausreichende effiziente Frostbekämpfung (max. Temperatureffekt von mindestens  $2-3^{\circ}$  erforderlich); hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit muß aufgrund der hohen Investitionskosten (30 Strahler/ha mit Tank und Leitungen ca. S 200.000) und der in der Steiermark eher bescheidenen Hektarerträge für Johannisbeeren (etwa S 100.000) das Strahlersystem als unrentabel angesehen werden. Die Ergebnisse schließen jedoch eine Eignung für andere frostempfindliche Kulturen nicht aus, zumal nach Erprobungen im Ausland (Wallis, Frankreich) durchaus positive Ergebnisse vorliegen (gleichzeitig Gebiete mit höheren Hektarerträgen).

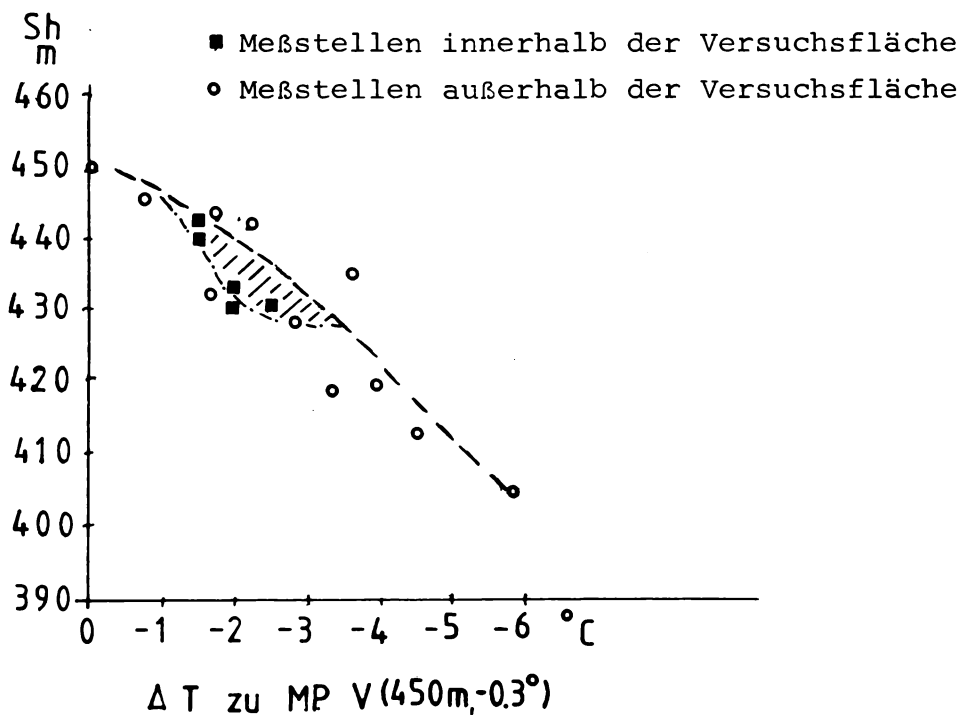


Abb. 8: Diagramm zur Abschätzung der Temperaturerhöhung durch den Einsatz von Infrarotstrahlern in Raaba/Graz mittels Vergleich von Meßstellen in selber Seehöhe (6 Uhr); der Temperatureffekt beträgt etwa  $0,5-1,5^{\circ}$ . Zu beachten ist der Kaltluftstau einfluß des Waldes für den tiefsten Meßpunkt in ca. 400 m Seehöhe.

Nach kalifornischen Erfahrungswerten, wo teilweise die Kombination Beheizung und Bewindung angewendet wird, dürften die besten Ergebnisse mit etwa 10–20 Strahlern/ha und einem kleinen Bewinder zu erzielen sein; somit könnte wenigstens ein Teil der heißen Verbrennungsgase für eine Durchmischung – „Warmluftventilation“ – eingesetzt werden. Für den Einsatz von Infrarotstrahlern alleine bieten sich Kulturen an, deren Belaubung zur Zeit der Blüte fehlt oder gering ist (Verringerung des Reibungswiderstandes gegenüber den Johannisbeeren, Erhöhung der Ventilierung innerhalb des Bestandes). Begünstigend auf den Temperatureffekt wirken sich ferner Hanglagen mit vertikaler Anordnung der Zeilen aus.

## *7. Die Bewindung als alternative Frostbekämpfung für die Steiermark.*

### *7.1. Voraussetzungen*

Für eine sinnvolle Frostbekämpfung mittels Bewindung müssen zwei wesentliche Bedingungen erfüllt werden. Der Anteil an advektiven Schadfrösten (mit Schneefall, Wind) muß möglichst klein und die Inversion sollte seicht und kräftig sein. Beiden Forderungen werden Riedellagen im Steirischen Vorland gerecht. Für talnahe Anlagen kann wegen der zu mächtigen Talkaltluft keine Bewindung empfohlen werden, da die Inversion in den ersten 10–20 Metern der Atmosphäre zu gering ist.

### *7.2. Erfahrungswerte aus dem Ausland*

Vor allem in den 50er Jahren wurden in Südtirol verschiedene Bewindertypen getestet, wobei unter anderem auch VW-Motoren eingesetzt waren. Bewährt haben sich insbesondere Bewinder mit Elektromotoren (Leistung 10 kW) und einer direkten Kraftübertragung vom Motor zum Propeller auf einer Plattform. Allerdings bestanden die Propeller aus einer Metallegierung\*. Als Erwärmungseffekte wurden 1–3° je nach Stärke der Inversion angegeben. Als der Bau von Wasserleitungssystemen bzw. die Erschließung von Grundwasservorkommen forciert wurden, setzte sich die Beregnung immer mehr durch, die ja vorteilhaft auch im Sommer zur Überwindung von Trockenperioden dient. Nach den Ergebnissen einer Studienreise in Südtirol sind bis auf wenige Ausnahmen die Bewinder demontiert worden.

Anders sieht die Situation in den USA, speziell in Kalifornien, aus. Schon Schnelle (1963) berichtet von über 12.000 Bewindern; die Zahl dürfte nach den Ergebnissen einer Studienreise in Kalifornien mit Erkundigungen bei den Landwirtschaftlichen Universitäten in Davis und Bakersfield weiter stark gestiegen sein. Die Gründe dafür sind in den gestiegenen Ölkosten (Verteuerung der Beheizung) und der begrenzten Wasservorkommen zu sehen. Die Beregnung wird zwar wohl eingesetzt, jedoch in stark abweichender Konstruktion von Anlagen in Mitteleuropa. Um die Verdunstung so gering wie möglich zu halten, wurden die Sprinkler nur knapp über dem Boden der Citrusanlagen ausgelegt; teilweise erfolgt die Bewässerung auch unterirdisch zur Versorgung der Wurzelräume. Das benötigte Wasser stammt entweder aus einzelnen, mitunter sehr tief gelegenen Grundwasserhorizonten (bis 600 m) oder aus den in den letzten Jahren von der Regierung weiter ausgebauten Wasserleitungssystemen (mit Staubecken in der Sierra Nevada); dies betrifft speziell die ausgedehnten Anbauflächen im San-Joaquin-Tal.

Ferner sind aus klimatologischer Sicht die Voraussetzungen für die Bewindung erfüllt; Advektivfröste fehlen fast völlig; die Strahlungsnächte weisen wegen der meist trockenen Luft und der damit verbundenen kräftigen Abkühlung starke, seichte Inversionen auf. Die relativ großen zusammenhängenden Anbauflächen erhöhen zusätzlich den Effekt, wenn

\* Heute generell Kunststoff- bzw. Holzpropeller.

man im Verband mehrere Bewinder gleichzeitig betreibt; 1) dabei begünstigen leistungsstarke Bewinder (ca. 100 PS) auch die wirtschaftliche Komponente des Verfahrens, da nach Angaben der landwirtschaftlichen Universitäten mit einem Großbewinder ca. 3–4 ha zu schützen sind (für leichte bis mäßige Fröste). Als Reserve wird von einigen Betrieben nach wie vor der „Return-Stack-Ölofen“ bereitgestellt; er ist noch in großer Zahl in den Anlagen zu sehen. Somit wird wenigstens teilweise in sehr kalten Nächten (Dezember bis Februar) mit einer kombinierten Methode – Beheizung und Bewindung – gearbeitet. Mitunter werden auch die Sprinkler für die Frostbekämpfung, vor allem in Verbindung mit Bewindern, eingesetzt. Als Wassertemperatur wird ein Wert von 18°C (R. F. Brewer, 1977) angegeben; somit trägt die relativ hohe Temperatur wesentlich zur Temperaturerhöhung bei. Das Ausmaß der „Verdunstungskälte“ bei gleichzeitigem Einsatz von Bewindern bleibt wegen der niedrigen Höhe der Sprinkler gering. In Abb. 9 sind graphisch die prozentuellen Anteile der Frostbekämpfungsmethoden in den Citrusplantagen dargestellt,

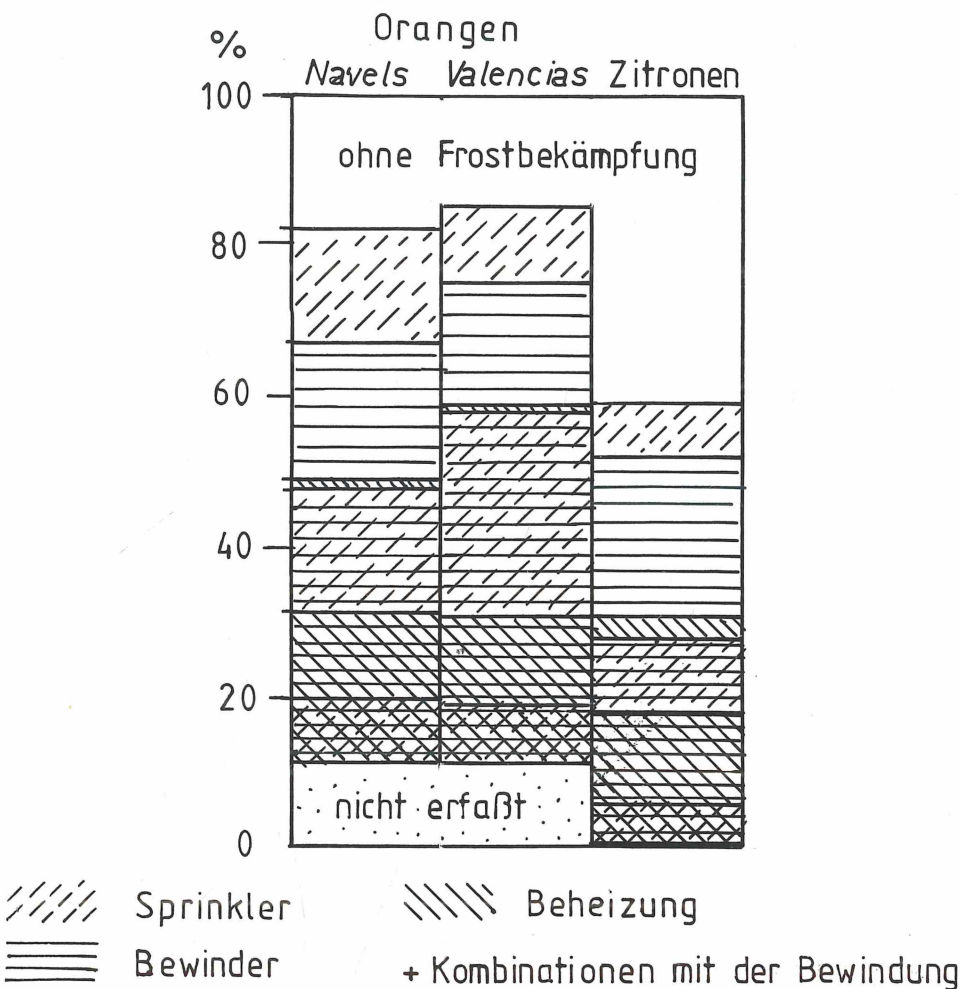


Abb. 9: Prozentuelle Gliederung der in Kalifornien verwendeten Frostbekämpfungssysteme (Quelle: R. F. BREWER, 1977).

wobei die Zitronen offensichtlich weniger geschützt werden (40% ohne Frostbekämpfung, bei den Orangen weniger als ein Fünftel). Deutlich kommt die Rolle der Windmaschinen zur Geltung; in Abb. 10 erkennt man die „Ölkrise“ 1973 an der markanten Zunahme der Verkaufsziffern für Windmaschinen. Der Preis ist derzeit (1983) auf \$14.000–15.000 angestiegen; insgesamt gibt es 4 Windmaschinenhersteller in Kalifornien. Das Frostrisiko selbst scheint nach den Ermittlungen relativ gering zu sein (etwa 4–5 Jahre ein Schadfrost), doch fällt der Schaden gerade bei den Citrusplantagen relativ hoch aus, weil nicht nur die Blüte, sondern meist auch die Frucht betroffen wird. Unter dem Aspekt der hohen Hektarerträge erscheint dann die Frostbekämpfung als durchaus rentabel. Die in Kalifornien eingesetzten Bewinder werden meist mit starken Diesel- bzw. Elektromotoren (Leistung 70–130 PS) betrieben und sind mit Propellern in waagrechter Achsenführung ausgerüstet (Durchmesser 3,5–4,5; Umdrehungszahl 500–700/min). Bedingt durch die hohe Leistung und die horizontale Blasrichtung, verbunden mit Eigenrotation (eine Umdrehung in ca. 4–5 min), gestatten sie den Einsatz in großen Flächen. Als Beispiele seien in Abb. 11 a und b die Temperaturerhöhungen für einen einzelnen Bewinder bzw. für einen Verband dargestellt.

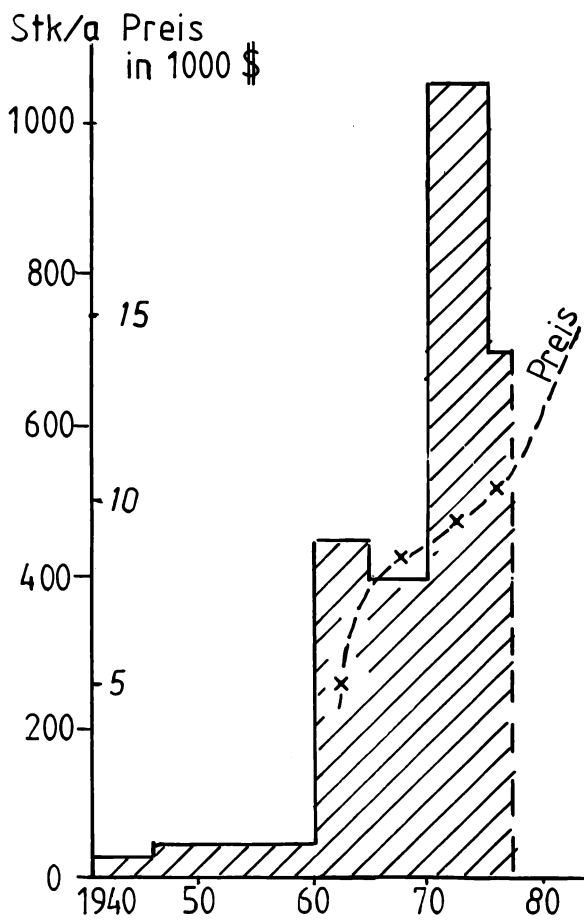


Abb. 10: Durchschnittliche jährliche Stückzahl von verkauften Windmaschinen in Kalifornien mit der Preisentwicklung seit 1940 (Quelle: R. F. BREWER, 1977).



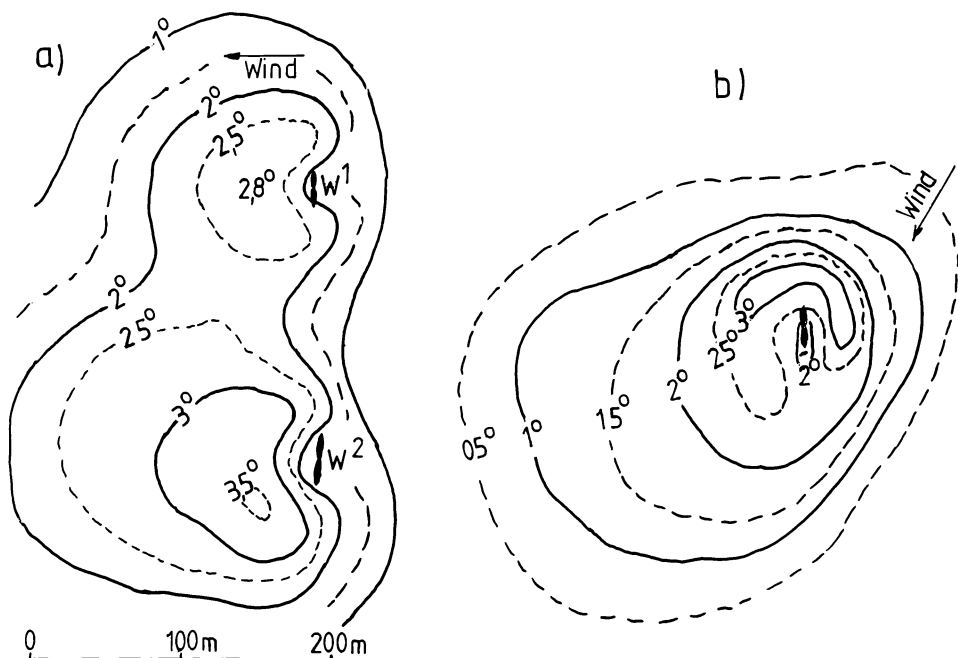


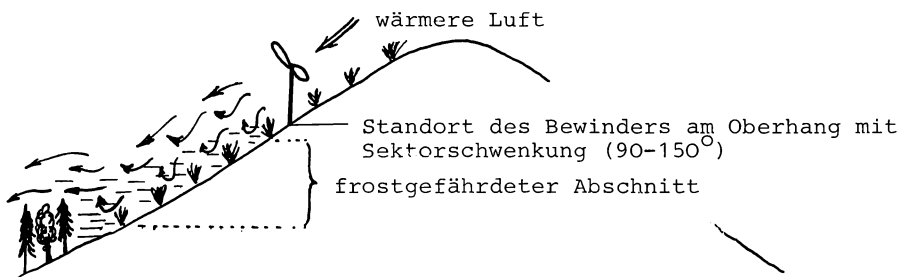
Abb. 11a: Erwärmungseffekt zweier Windmaschinen im Verband; mit zunehmender Stärke der Motoren steigen Größe der zu schützenden Flächen und Ausmaß des Erwärmungseffektes (W<sup>1</sup>-Windmaschinen mit ca. 55 PS, W<sup>2</sup>-Windmaschinen mit ca. 70 PS); der herrschende Ostwind verursacht eine asymmetrische Form der Temperaturverteilung (F. BROOKS et al., 1959).

Abb. 11b: Temperatureffekt einer Ramjet-Rotor-Maschine (F. SCHNELLE, 1963) mit Düsenantrieb an den Propellerenden; dadurch Einblasen von erwärmter Luft; auch hier wird das Verteilungsbild wesentlich von der Nordostströmung (2–3 km/h) bestimmt.

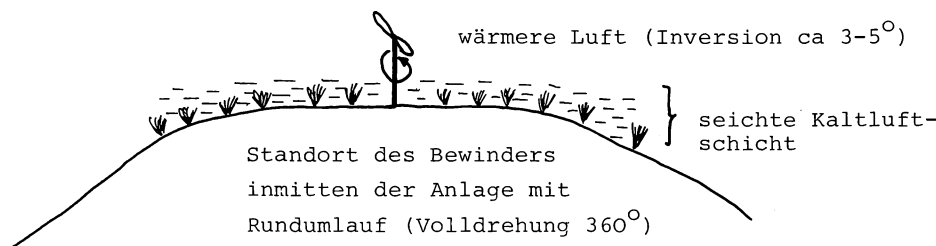
### 7.3. Ergebnisse von Versuchen in der Steiermark

#### 7.3.1. Adaptierung der Windmaschinentypen auf die steirischen Bedingungen

Nach den Ergebnissen in Südtirol, aber auch gemäß den Ausführungen der Kalifornischen Beratungsdienste, dürften etwa 20–30 PS Motorleistung/ha genügen – im Sinne der Anpassung auf die wesentlich kleineren Anbauflächen auf Riedelstandorten in der Steiermark. Weiters sollte die Aufstellung des Bewinders so gewählt werden, daß natürliche nächtliche Strömungen verstärkt werden. Dies begünstigt die Einbindung wärmerer Luft aus höheren Luftschichten. Bei Hangstandorten kommt demnach nur eine Oberhanglage des Bewinders in Frage, wobei mit einer Schwenkung (etwa 120–150°) nach unten geblasen wird und dabei nach den Erfahrungen in Südtirol die Propellerachse um etwa 20° unter die Hangparallele geneigt sein sollte (Skizze Abb. 12). Auf Verebnungsflächen der Riedel mit Ausbildung einer seichten Kaltluftschicht ist ein Bewinderstandort inmitten der Anlage zu empfehlen, um mittels Rundumdrehung die zu schützende Fläche gleichmäßig zu bestreichen. Die Umdrehungsdauer sollte nach kalifornischen Erfahrungswerten nicht mehr als 5 Minuten dauern, da sonst in den inzwischen nicht erfaßten Teilen der Anlage die Temperatur zu rasch wieder absinkt. Eine Mindestdauer von 2 bis 3 Minuten muß wegen der ausreichenden Durchmischung der bodennahen Kaltluft mit der darüber strömenden wärmeren Luft als notwendig erachtet werden. Die Höhe des Mastes richtet sich im wesentlichen nach der Höhe der Kultur (Reibungsverluste vor allem bei Citrus-



Fall 1 HANGLAGEN



Fall 2 VEREBNUNGSFLÄCHEN AUF RIEDELN

Abb. 12: Standortwahl von Bewindern in Riedellagen.

plantagen in vollem Laub!), generell wird eine Masthöhe von 7 bis 8 m schon wegen der Ausnutzung der Inversion mit dem Ansaugen wärmerer Luft die Mindestgrenze darstellen. Der Motor sollte am Mastende auf einer Plattform in direkter Verbindung mit dem Propeller verankert werden; die Plattform muß dementsprechend drehbar (Eigenrotation) bzw. schwenkbar sein. Insgesamt ergeben sich dadurch weniger technische Probleme mit der Kraftübertragung als mit dem in Kalifornien in letzter Zeit immer mehr verwendeten Typ mit der Motoraufstellung unten und der Kraftübertragung mittels doppeltem Differential auf die Propellerachse. Der Vorteil liegt in der einfacheren Bedienung; preislich ist diese Entwicklung bei größeren Typen durchaus noch vertretbar.

Abschließend sei noch vermerkt, daß sich nach kalifornischen Angaben Umdrehungszahlen von 500–700 U/min für die Propeller bei Durchmessern von 2–3 m bei kleineren Typen für die steirischen Lagen bewährt haben.

### 7.3.2. Errichtung und Erprobung einer Pilotbewinderanlage in Wies in der Südweststeiermark

Nach den wenig erfolgreichen Tests im Frühjahr 1981 konnten die verbleibenden Forschungsmittel für eine Pilotbewinderanlage weiterverwendet werden; die meteorologischen Voraussetzungen schienen nach den Vertikalmessungen in Raaba mit starken vertikalen Temperaturzunahmen dafür durchaus geeignet. Ziel mußte es sein, die zwischen den Johannisbeerzeilen gebildete Kaltluft zu durchmischen und somit einen Frostschutz zu erzielen. Durch die Mitarbeit – Organisation von Hilfskräften, Geräten bzw. Maschinen – fiel die Wahl auf eine ähnliche Lage wie in Raaba, jedoch in der Südweststeiermark.

Die Konstruktion und Bauausführung erfolgte gemeinsam mit der Firma Thalhammer, wobei als Vorbilder Südtiroler Bewindertypen dienten (Abb. 13). Der Bewinder bestand aus einem Rohrmast, Länge 9 m ( $\varnothing$  30 cm), einer Plattform mit Schwenkvorrichtung und Verstellmöglichkeit der Propellerachse, einem 15-kW-E-Motor (Kurzschlußläufer, max. U 1400/min.) und einem Holzpropeller ( $\varnothing$  3 m). Auf der Plattform war zusätzlich ein

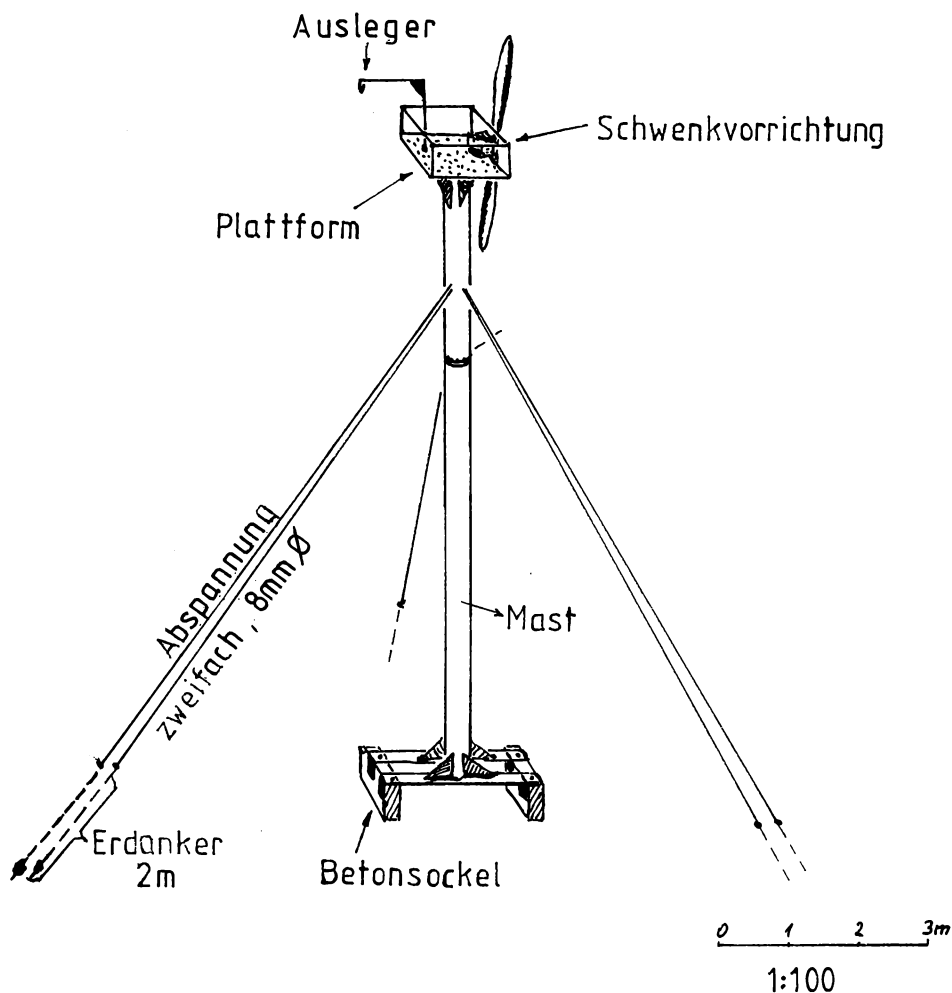


Abb. 13: Bewindungsanlage in Wies.

Ausleger montiert, quasi als Teil einer Aufzugvorrichtung. Im April bzw. Mai 1982 wurden Tests unter Mithilfe eines Elektrikers zur Überwachung der Leistungentnahme aus dem Netz durchgeführt. Mittels einer dreistufigen Schaltung wurde die Umdrehungszahl des Propellers gesteigert. Der Anstellwinkel des Propellers war jedoch zu steil (adaptiert für ca. 1000 U/min), so daß der E-Motor seine Nenndrehzahl nicht erreichen konnte. Als Folge traten beachtliche Leistungsentnahmen bzw. die Gefahr einer Überbelastung des E-Motors auf, und die Versuche mußten meist schon nach wenigen Minuten abgebrochen werden. Die Reichweite des vom Propeller erzeugten Luftstromes war etwa 80–100 m weit deutlich zu spüren. Die Propellerfirma erklärte sich bereit, den Anstellwinkel zu korrigieren, doch fiel aufgrund kalifornischer Literaturhinweise die Wahl auf einen E-Motor mit einer niedrigeren Nenndrehzahl (etwa 700 U/min). Aus finanziellen Gründen unterblieben jedoch weitere Tests, zumal noch die Schwenkvorrichtung automatisch durch einen E-Motor mit Getriebe ergänzt hätte werden müssen.

## 8. Zusammenfassung. Weitere geplante Vorhaben

Die Voraussetzungen in der Steiermark – sehr begrenzt verfügbare Wasservorkommen für eine Beregnung, häufig Strahlungsnächte mit kräftigen seichten Inversionen –, aber auch die Erfahrungswerte mit Bewindern aus dem Ausland bzw. die Tests mit der Pilotanlage, lassen die Bewindung als durchaus sinnvolle und auch wirtschaftlich rentable Frostbekämpfungsmethode erscheinen. Die Kosten für einen Bewinder wären etwa mit S 60.000–80.000 zu veranschlagen (zu schützende Fläche ca. 1 ha). Die Bewindung könnte im übrigen auch während der Erntezeit im August (häufig Gewitter und Schauer) zu rascheren Abtrocknung der Früchte eingesetzt werden.

Die Tests haben ferner gezeigt, daß technische Verbesserungen noch notwendig sind. Kontaktgespräche mit Technikern wurden bereits geführt (Mitarbeit des Inst. f. Thermodynamik bzw. Beratung durch die Maschinenfabrik Andritz). Hinsichtlich der Energieversorgung wird eine Umrüstung auf einen Dieselmotor notwendig sein, da im ländlichen Raum die Anschlußwerte zu niedrig sind und eigene Zuleitungen erforderlich wären. Nach Gesprächen mit der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft wäre eine Fortsetzung der Versuche von großem Interesse; die Firma Krobath/Feldbach wäre ebenso bereit, denselben Betrag zuzuschießen wie die öffentliche Hand. Abschließend sollte nicht übersehen werden, daß nun nach zwei spätfrostarmen Jahren wieder solche mit Millionenschäden folgen können.

## Literatur

- BREWER, R. F., 1977: Recent Trends in Frost Protection Methods in California. In: Proc. Int. Soc. Citriculture. S. 196–199.
- BROOKS, F. A., et al., 1959: Frost Protection by Wind Machines and Heaters. In: American Society of Agricultural Engineers. S. 1–12.
- EIMERN, J. v., 1958: Frostschutzpropeller. Wirkungsweise, Möglichkeiten, Grenzen und offene Probleme. In: Der Landwirt (Südtirol). S. 173–175.
- ELLENA, C., 1959: Praktische Frostschutzegebnisse mit einer amerikanischen Bewindungsanlage Original „Frostmaster“ und mit fahrbaren Strahlungsöfen während der Frühjahrsfröste 1959. In: Der Landwirt. S. 397–399.
- KING, E., 1973: Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftabflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten. In: Ber. Dt. Wetterdienst, Nr. 130. S. 1–24.
- LAZAR, R., 1979a: Kleinklimatische Beobachtungen der Temperatur und der Talnebel mit besonderer Berücksichtigung des Temperaturminimums und der Spät- und Frühfröste in der Südweststeiermark. Diss. Graz, 478 S.
- LAZAR, R., 1979b: Kleinklimatische Untersuchungen in Eibiswald-Bachholz zur Feststellung der Erhöhung der Kaltluft-(Frost-)gefährdung in Obstanlagen durch Aufforstung in einem Graben mit der Folge eines künstlichen Kaltluftsees. Manuskript, 11 S.
- LAZAR, R., 1981: Zwischenbericht über die Frostbekämpfungsversuche mittels Infrarotstrahler. Projektbericht, 32 S.
- LAZAR, R., 1981b: Geländeklimatische Studie über den Einfluß von Straßendämmen auf die Erhöhung der Frostgefährdung in Obstananlagen im Raum Kleinstübing. Manuskript, 31 S.
- LAZAR, R., 1983: Endbericht über die Frostbekämpfungsversuche mittels Windmaschinen. Projektbericht, 8 S.
- SCHNELLE, F., 1963: Frostschutz im Pflanzenbau. Band I: Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadenverhütung. 488 S. Band II: Die Praxis der Frostschadenverhütung. 604 S.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [25\\_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Lazar Reinhold

Artikel/Article: [Zum gegenwärtigen Forschungsstand der Frostbekämpfungsmethoden in der Steiermark im Vergleich mit den Entwicklungen im Ausland \(speziell Kalifornien\) 59-78](#)