

**Zeitschrift:** Der Traktor und die Landmaschine : schweizerische landtechnische Zeitschrift  
**Herausgeber:** Schweizerischer Verband für Landtechnik  
**Band:** 20 (1958)  
**Heft:** 7  
  
**Rubrik:** IMA-Mitteilungen

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

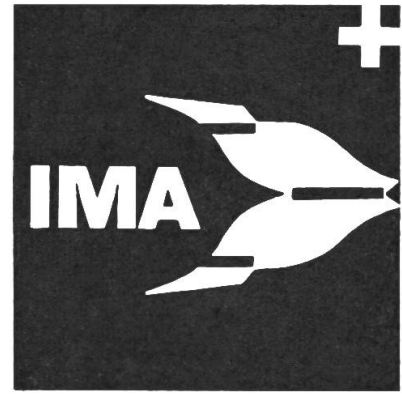
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



---

Beilage zu Nr. 7/58 von «DER TRAKTOR und die Landmaschine»

## **Einige Grundlagen und Hinweise über Frostschutz**

von Dr. J. Jenny, Lausanne

### **I. Einleitung**

Die grossen Schäden, die im Frühjahr 1957 durch den Frost der Landwirtschaft zugefügt worden sind, haben das Problem der Frostbekämpfung, das ohnehin seit Jahren aktuell ist, noch mehr in den Vordergrund gestellt. Nachstehend sollen einige Grundlagen behandelt werden, die für eine wirksame Frostbekämpfung von grosser Bedeutung sind.

Die allgemeinen Ursachen der Frostentstehung sind seit langem bekannt und in zahlreichen Schriften behandelt worden<sup>1)</sup>. Es handelt sich vor allem um Kaltluftströmungen aus dem Norden und Sibirien; um Windfröste (sog. Advektivfröste), Strahlungsfröste, Bildung von kalten Luftseen oder den Einfluss der Verdunstung.

Die Schutzmethoden gegen den Frost sind ebenfalls gut bekannt. Man kann sie in 3 Gruppen einteilen, nämlich:

1. Vorbeugende Methode: Richtige Standortwahl der Kulturen / Errichtung von Windsperren (Bretterwände, Waldstreifen usw.).
2. Strahlungshemmung: z. B. durch Bedeckung der Pflanzen während der Nacht (Nebeldecken).
3. Kompensationsmethode: Hier wird der Wärmeverlust der Pflanzen, sei es durch Strahlung, Verdunstung oder kalter Windströmung durch Zufuhr von ebensoviel Kalorien zu kompensieren versucht, so z. B. durch Heizung, Ventilation oder Beregnung.

---

<sup>1)</sup> Otto Wilh. Kessler und Wolfgang Kaempfert, Die Frostverhütung. Deutsches Reichsamt für Wetterdienst. Wissenschaftliche Abhandlung No. 2, 1944.  
H. Burchkart, Mitteilung des deutschen Wetterdienstes No. 16, 1956.  
Jos. Gatteln, Gefrieren gegen Erfrieren 1944, 47, 49. Broschüre des Verfassers.

**Heizung:** Man stellt 150—300 Briquet- oder Oelofen oder kontinuierlich gespeiste Brenner in die Kulturen<sup>2)</sup>, die im Stande sind, 2 bis 3 Millionen Kalorien abzugeben. Dazu sind 400 kg Kohle oder 340 kg Oel nötig.

**Ventilation:** Mit Hilfe von Ventilatoren von 50—200 PS auf Türme montiert, saugt man wärmere Luft aus höheren Lagen und bläst sie horizontal auf den Boden. Pro Grad Uebertemperatur liefert eine Million m<sup>3</sup> Luft ca. 300 000 kcal. Die erforderliche Luftmenge kann daraus berechnet werden.

**Beregnung:** Man beregnet die Pflanzen unter Ausnützung der im Wasser vorhandenen latenten Wärme (3—6 kcal per kg) sowie auch der Gefrierwärme (80 kcal per kg).

Obwohl auch über die Frostbekämpfung Literatur vorhanden ist, bleibt noch viel zu erforschen, bis genügend Grundlagen für eine technisch einwandfreie und kostenmässig tragbare Frostbekämpfung geschaffen sind. Die Ursache für das Fehlen genügender Grundlagen liegt darin, dass praktische Versuche mit Pflanzen im Freien schwierig und oft sehr unangenehm sind und der Messbereich klein ist. Man hat es mit sehr kleinen Temperaturen zu tun, so dass die üblichen elektrischen Messgeräte nicht ohne weiteres verwendbar sind. Die Messungen bei Nacht und Kälte verlangen spezielle, den Verhältnissen angepasste Apparaturen und Messgeräte.

## **II. Eigene Untersuchungen**

Wir haben uns bemüht, das Verhalten der Pflanzen im Freien zu verfolgen. So wurde der Verlauf der Temperatur in der Nähe des Bodens sowie längs der Pflanze, vom Stamm zu dicken Aesten, an dünnen Aesten, Knospen und Blättern mit und ohne Spritzbelag gemessen. Ferner wurden Messungen über die Abkühlungsgeschwindigkeit der Knospen nach jeder Beregnung und Eisbildung durchgeführt, was zur Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeit der Beregner wichtig ist.

### **1. Der Temperaturverlauf in der Nähe des Bodens**

In Bodennähe unterliegt die Temperatur je nach der Grösse der Bodenmasse, deren Beschaffenheit und den Witterungsverhältnissen starken Schwankungen. Am Tag nimmt der Boden von der Sonnenbestrahlung Wärme auf, so dass die Temperatur im Boden steigt. Nach dem Sonnenuntergang ist das Umgekehrte der Fall. Die Ausstrahlung beginnt und ist umso stärker, je grösser die Leitfähigkeit des Bodens und die Abstrahlungsfläche ist. Eine Wiese mit grosser Abstrahlungsfläche wird sich schneller und tiefer abkühlen (daher setzt hier zuerst Tau- und Reifbildung ein) als ein bearbeiteter Boden und dieser auch stärker als ein unbearbeiteter.

Die Abstrahlung hat zur Folge, dass sich in Bodennähe (ca. 5—20 cm ab

---

<sup>2)</sup> J. Jenny, Terre Vaudoise, No. 47, 1953.



Abb. 1:  
Welke-Erscheinung unberegneter Blätter  
während des Frostes.

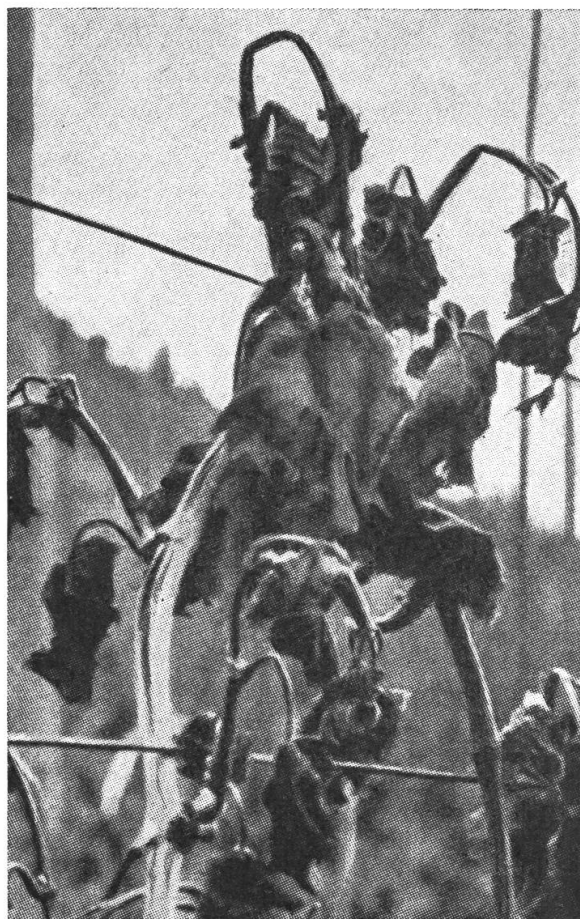


Abb. 2: Reben durch Frost vernichtet.

Boden) eine kalte Luftschicht bildet, so dass Niederkulturen (z. B. niederes Gemüse und Reben) je nach ihrer Empfindlichkeit in Frostperioden mehr oder weniger stark frostgefährdet sind. Im Hanggelände fliesst zudem die kalte, schwere Luft nach unten, so dass je nach Abflussmöglichkeit ein Kaltluftsee entstehen kann. Hat die abfliessende Luft eine Temperatur unter Null, so wird die Pflanzenabkühlung durch die Luftbewegung noch verstärkt. Die Abbildung 11 zeigt einige Temperaturkurven in Bodennähe.

Um die Abstrahlung zu vermindern, wurde versuchsweise eine Nebeldecke erstellt. Diese fängt je nach Grösse und Dichte der Nebeltropfen die Strahlung auf oder wirft sie zurück. Auf diese Weise wird, sofern der Nebel eine gewisse Stabilität aufweist und keine Unterspülung durch kalte Luftströmungen stattfindet, der Temperaturfall gebremst. Dasselbe kann auch durch Frostschirme erreicht werden. Dabei spielt das verwendete Material eine wichtige Rolle. Strohschirme wirken, sofern sie die Pflanze gut decken, infolge der Glätte der Strohhalme und der darin eingeschlossenen Luft (Isolator) günstig.

Dichte und niedere Gemüsekulturen wirken gegen den Boden strahlungshemmend, so dass dieser wärmer bleibt als unbedeckter. Im Blattwerk findet aber infolge der grossen Fläche eine starke Abstrahlung nach oben statt. Die erwähnten Kulturen sind, dank ihrer homogenen Struktur ein Idealfall für Frostschutz durch Beregnung. Dies hat die ganze Frostschutzpraxis auch bestätigt. Das fallende Wasser, d. h. seine Gefrierwärme, kann hier am ratio-

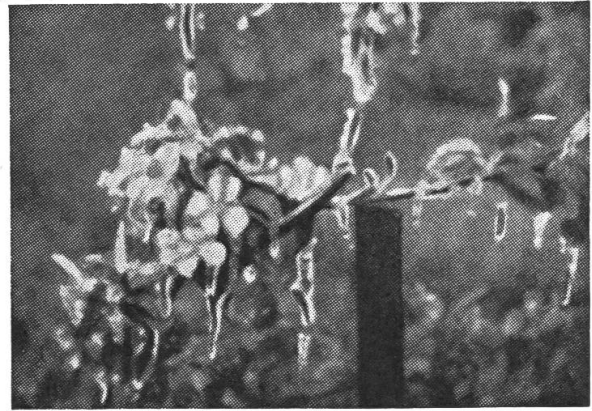


Abb. 3: Blütenbüschel und Blätter in Eis eingeschlossen

Abb. 4:  
Durch Beregnen (Perrot-Regner) sind selbst die Gescheine an den Triebspitzen der Reben vollständig gesund geblieben (Geschein = Blütenstand der Weinrebe).

nellsten ausgenützt werden. Durch das Beregnen wird die Temperatur der Pflanzen und des Bodens um  $0^{\circ}\text{C}$  herum gehalten.

Es ist so, dass alle Körper mehr oder weniger die Eigenschaft haben, Wärme aufzunehmen oder abzustrahlen oder beides zugleich. Darin liegt der Kernpunkt des Erfrierens der Pflanzen. Sie erfrieren, wenn ihre thermische Bilanz stark negativ wird, d. h. wenn sie mehr Wärme verlieren als ihnen zugeführt wird. Ihre Frostempfindlichkeit wird durch die untere Grenze bestimmt. Die Stärke der Abkühlung steigt, je grösser die wärmeabgebende Fläche, die Länge der Wärmezufuhrwege und je geringer die Querschnitte sind. Sind z. B. die Querschnitte der Äste, Zweige oder Knospen eines Baumes klein und die Zufuhrwege lang, so ist es klar, dass die Wärme vom Boden bis zur Baumkrone nicht schnell genug nachströmen kann. Dadurch sinkt die Temperatur der Krone. Die Knospen und Blüten werden am meisten gefährdet. Eine Blüte wird sich schnell abkühlen, vorerst am Rand dann fortschreitend bis zum Kern und der Ansatzstelle auf dem Ast. Daraus folgt, dass ein Baum in der Nacht, wie das Gras auf dem Boden, am kältesten ist. Er kann eine tiefere Temperatur als die umgebende Luft aufweisen und wie eine Kühlmaschine wirken<sup>3)</sup>. Das Umgekehrte ist am Tag der Fall für die

<sup>3)</sup> J. Jenny, Schweizer Gärtner No. 37/1953. Internat. Landmaschinenmarkt No. 4/1954. Industries agricoles et alimentaires, Paris 72, 1955. Terre Vaudoise No. 16/1953.



Teile, die der Sonnenwärme ausgesetzt sind. Spritzbeläge können die Erwärmung noch erhöhen. Nachfolgende Tabelle zeigt ein Beispiel des Temperaturverlaufes längs einer Pflanze.

Datum	Luft	Knospen	Äste	8	20	40 mm ø	Stamm von 11 cm ø	
4.2.1953	— 2°	— 3°		— 1	— 0,3	— 0,1		
22.2.1953	— 1°	— 1,1°		— 1,1	— 0,3	— 0,1		
27.2.1953								
08.15 h	— 0,5°	— 0,5°		— 0,5	— 0,5		(Wirkung von Nebel)	
08.30 h	+ 1°	+ 1° (Sonne 0,5 kal.)		1,6	2,7	3,5	Sonnenseite 3,8	Schattens. 3,3 Sonne 0,5 kal.

28.1.1952	— 1°	Feuchtigkeit 63 % Sonne 1,18 kal.	Sonnenseite normal	4,5°	weiss 0,5°
14.15 h			Schattenseite normal	— 1,5°	weiss — 1,5°

24.6.1954	Sonne 1,2 kal. Blätter im Schatten 28,5°, an der Sonne 35,5° Blätter mit 2°/o Bordeauxbrühe an der Sonne 43°							
-----------	---	--	--	--	--	--	--	--

Der Einfluss des Windes: Solange der Wind nicht zu kühl ist, wirkt er frosthemmend. Weist er aber eine Temperatur von weniger als 0° C auf, so kann er verheerend wirken. Dies ist besonders der Fall, wenn die empfindlichen Pflanzenteile nass sind. Zu den Strahlungsverlusten gesellt sich dann ein fortlaufender Wärmeentzug aus den Pflanzen. Dieser erfolgt zuerst von innen nach aussen durch Leitung und sodann von der Pflanzenoberfläche an die Luft. Dabei sind die dünnen Partien der Pflanzen am meisten gefährdet.

Betragen z. B. in einem Obstgarten von 1 ha Fläche um 5 m Schichtenhöhe die Strahlungs- und Verdunstungsverluste normalerweise 1,2 Mill. kcal, so würde ein Wind von — 4° C und 0,3 m Geschwindigkeit pro Sekunde eine Kältezufuhr von 650 000 Frigorien bedeuten und der Wärmebedarf plötzlich auf 1,85 Mill. kcal ansteigen. Um die Lage zu meistern, müsste man an der Kälteeinbruchsstelle zusätzliche Heizkörper aufstellen oder im Falle der Beregnung die Möglichkeit haben, die Wassermenge zu erhöhen.

Der Einfluss der Verdunstung: Durch Verdunstung wird der Pflanze Wärme entzogen, so dass die Abkühlung beschleunigt werden kann. Daraus folgt, dass trockene Pflanzen weniger frostgefährdet sind.

## 2. Die Beregnung als Frostschutz

Bei der Beregnung benützt man die Gefrierwärme des Wassers von 80 kcal/kg als Wärmequelle. Bei Eigenwärme des Wassers von 8° C entsteht eine Gesamtwärme von 88 kcal/kg. Diese wird mit Hilfe von Beregnern auf die Kulturen verteilt.

Massgebend bei der Frostbekämpfung durch Beregnung ist die Wassermenge und die Wasserverteilung.

### Die erforderliche Wassermenge

Die Wassermenge wird in mm Niederschlagshöhe pro Flächeneinheit und Stunde gemessen. Wenn beispielsweise pro Stunde 2,5 mm Wasser fällt,



Abb. 5:  
Durch Frostschutzberegnung eingeeiste  
Reben.

ergibt dies eine Menge von 2,5 lt. pro m<sup>2</sup> und Stunde, oder 25 000 lt. pro Hektare und Stunde, was einer auf diesem Gebiet üblichen Zahl entspricht. Voraussetzung für eine erfolgreiche Frostbekämpfung durch Beregnung ist, dass diese Menge auch den Pflanzen und nicht nur der Bodenfläche, auf der sie wachsen, angepasst wird. Bei Gemüsekulturen (mit einer homogenen Fläche) ist die Errechnung im allgemeinen einfach, da dort die Pflanzenfläche der Grundstückfläche annähernd entspricht. Anders verhält es sich aber bei Bäumen. Dort muss man unterscheiden zwischen Knospen- und Blütenstadium. Bäume im Knospenstadium haben eine wesentlich kleinere Abstrahlungs-, d. h. Abkühlungsfläche als im Blütenstadium. Dadurch wird

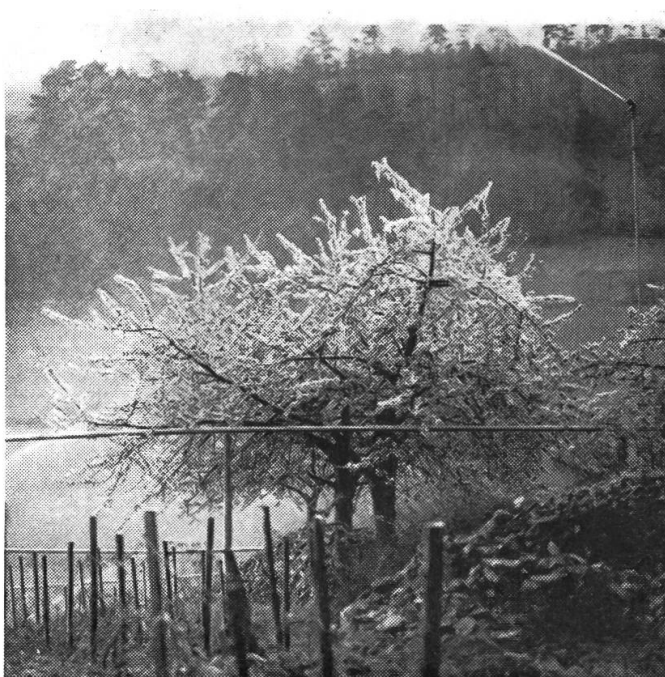
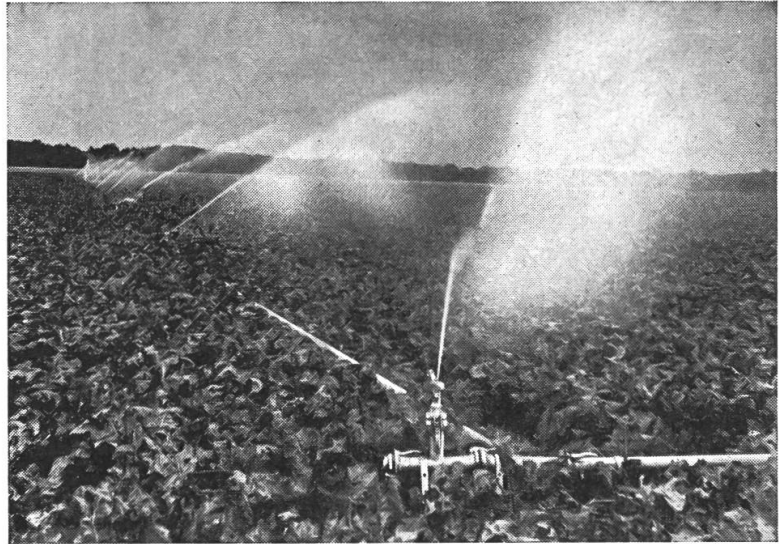


Abb. 6:  
Eingeeiste Obstbäume  
(Buckner-Regner).

Abb. 7:  
Beregnete Gemüsekulturen  
(Voitsberg-Regner)



auch der zur Frostbekämpfung notwendige Wasserbedarf verschieden ausfallen. Zum besseren Verständnis geben wir nachstehendes Beispiel:

Obstbaumanlage von einer Hektare Grösse. Darauf stehen 625 Bäume, deren Kronendurchmesser 4 m beträgt. Damit wir eine Niederschlagshöhe von 2,5 mm/Std. erhalten, brauchen wir für diese Hektare 25 000 lt./Std. Sind die Bäume im Knospenstadium, so beträgt deren Gesamtfläche nur 1250 m<sup>2</sup> und die Wassermenge bei 2,5 mm Niederschlagshöhe wäre dementsprechend 3 125 lt./Std., also nur etwa der achte Teil der berechneten Wassermenge pro ha Fläche. Der grösste Teil des Beregnungswassers fällt auf die Aeste und auf den Boden. Stehen aber die Bäume in Blüten, dann beträgt deren Gesamtfläche 13 150 m<sup>2</sup> und der Wasserbedarf erhöht sich auf 32 875 lt./Std. Wir brauchen also eine Niederschlagshöhe von 3,3 mm pro Stunde. Das bedeutet mehr Wasser als bei normaler Beregnung von 2,5 mm/Std. auf die ebene Hektare gerechnet.

Man erhält ähnliche Werte, wenn wir von den 625 Bäumen die nach oben strahlende obere Kronenhälfte ermitteln. Bei 4 m Durchmesser beträgt diese Halbkugelfläche 15 750 m<sup>2</sup>, die pro Stunde 39 375 lt. Beregnungswasser benötigt. Auf die ebene Fläche der Obstbaumanlage von 1 ha bezogen würde dies 3,9 mm Niederschlag pro Stunde ergeben.

Es ist schwer zu sagen, welche Wassermenge am zweckmässigsten ist. Diejenige von 2,5 mm/Std. wäre theoretisch im Blütenstadium bei starker Kälte oder kaltem Wind zu klein, um die notwendige Wärmeabgabe zu gewährleisten. Andererseits ist bei 3,937 mm Niederschlag pro Stunde die grosse Eislast zu berücksichtigen, sowie die stärkere Bodendurchnässung durch das Wasser, das zwischen den Aesten und Zweigen hindurchfällt.

Ferner benötigt man für grössere Wassermengen entsprechende Pumpen und Installationen, die gegebenenfalls höhere Anschaffungskosten verursachen.

Unseres Erachtens müssen hier Erfahrungswerte berücksichtigt werden, die nur anhand genügender Versuche zu finden sind. (Fortsetzung folgt)