

Zeitschrift: Der Traktor und die Landmaschine : schweizerische landtechnische Zeitschrift
Herausgeber: Schweizerischer Verband für Landtechnik
Band: 18 (1956)
Heft: 3

Artikel: Pflanzenschutz gegen Spätfröste durch Heizung und Beregnung
Autor: Jenny, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1069835>

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: 05.04.2026

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

Pflanzenschutz

gegen Spätfröste durch Heizung und Beregnung

Von Dr. J. Jenny, Lausanne

Der Schutz der Kulturen vor Spätfrostschäden ist für gewisse Gebiete ein Problem von grosser Bedeutung. Um die erwähnte Gefahr zu bannen, sind schon die verschiedensten Massnahmen empfohlen und mit mehr oder weniger Erfolg angewandt worden.

Die Bildung des Spätfrostes ist in den grossen Linien bekannt. Er wird durch eine empfindliche Abkühlung der unmittelbar über dem Erdboden liegenden Luft hervorgerufen. In klaren und windstillen Nächten strahlt der Boden die während des Tages aufgespeicherte Wärme gegen oben aus. Da der Boden ein schlechter Wärmeleiter ist, kann die tiefer im Boden aufgespeicherte Wärme diesen Verlust nicht rasch genug kompensieren, woraus sich eine mehr oder weniger starke Abkühlung der Bodenoberfläche und der darüber liegenden Luft ergibt. Diese wird in der Nähe des Erdbodens immer kälter, weil die höher liegenden warmen Luftschichten die über dem Erdboden liegende Luftschicht — die Luft ist ebenfalls ein schlechter Wärmeleiter — nicht zu erwärmen vermögen.

Da Kaltluft schwerer ist als Warmluft, bildet sich über dem Boden eine immer dicker werdende Kaltluftschicht oder -strömung. Andererseits verdunsten auch die Pflanzen Wasser und strahlen Wärme aus. Die kleinen Aeste und Zweige kühlen sich rascher ab als die dicken Aeste und Stämme, weil das Verhältnis zwischen der Oberfläche und dem Querschnitt ungünstig ist und die Wärmezufuhr vom Innern her sehr langsam vor sich geht. Jene wirken auf ihre Umgebung wie ein Kühlschranks. Das in der Luft enthaltene Wasser kondensiert sich an der Oberfläche von Zweigen und Gräsern sowie anderen Gegenständen, die sich infolge mangelnder innerer oder äusserer Wärmezufuhr ebenfalls abkühlen (elektrische Leitungen, Drahtgitter, Sand- und Grienhaufen, Eisgegenstände, im Freien parkierte Autos etc.) und bildet Tau oder Reif. Der beschriebene Vorgang erklärt auch, wieso gepflühtes Land wärmer ist als Grasland. Bei starker Kälte erreicht der Reif eine beträchtliche Dicke.

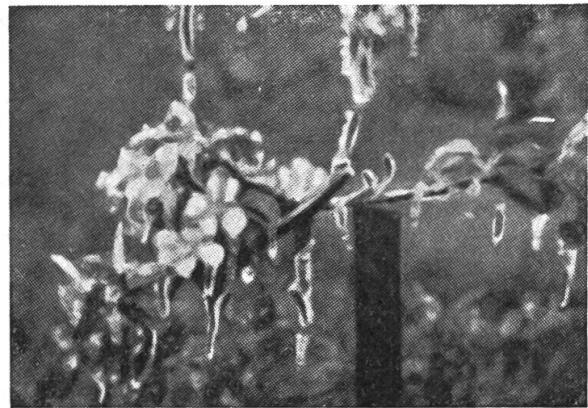
Das Studium der Frostbildung zeigt uns den Weg zur Bekämpfung der Frostschäden.

A: Man kann versuchen, die nächtliche Ausstrahlung zu verhindern, z. B. durch:

1. Zudecken der Pflanzen (Frostschutzschirme; Tücher; Säcke etc.),
2. Erzeugung von künstlichem Nebel. Die Ausstrahlung wird z. T. reflektiert, z. T. absorbiert und z. T. nach oben abgeführt. Das Verhältnis der drei erwähnten Vorgänge hängt von der Dichte des Nebels und der Dicke der Nebelschicht ab.



Welke-Erscheinungen der unberegneten Blätter während des Frostes



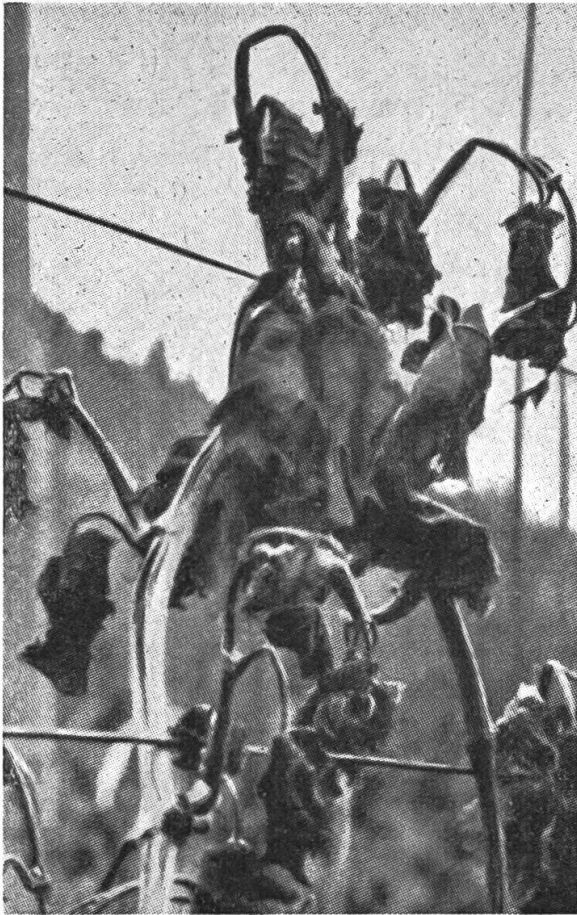
Blütenbüschel und Blätter in Eis eingeschlossen

B: Man kann die Abkühlung auch bekämpfen, indem man die Pflanzen erwärmt

1. mit Hilfe von Heizöfen (infrarote Bestrahlung),
2. durch Beregnung,
3. durch Luftbewegung, indem man warme Luftschichten zum Boden und dadurch mit den Pflanzen und der Kaltluft in Kontakt bringt,
4. durch Heizung und Luftbewegung kombiniert.

Das Wichtige bei diesen Verfahren ist, zu verhindern, dass die Temperatur der Knospen unterhalb der ihr eigenen Wärmeschwelle absinkt. Die Temperatur der Pflanze ist von ausserordentlicher Bedeutung. Es ist daher nicht verwunderlich, dass sich viele Autoren mit dieser Frage beschäftigen und versucht haben, die Temperatur der Pflanze in Beziehung zu ihrer Umgebung abzuklären.

Wie wir soeben gesehen haben, weiss man, dass die Pflanze aus verschiedenen Gründen (als Folge der Ausstrahlung der Masse, der Farbe, der Transpiration usw.) eine Temperatur aufweisen kann, die von der Luft der Umgebung abweicht. Wenn die Pflanze während der Frosträchte unter Einfluss einer Wärmequelle steht, erwärmt sie sich und tendiert nach einem neuen Gleichgewichtszustand. Bei genügend starker Erwärmung kann die Pflanze eine gleich hohe oder höhere Temperatur annehmen als die sie umgebende Luft. Wenn keine Beheizung erfolgt, kann ihre Temperatur dagegen unter diejenige der sie umgebenden Luft absinken. Um die Pflanzentemperatur festzustellen, ist ein spezielles Messinstrument nötig, da die Temperaturkontrolle mit Hilfe gewöhnlicher Thermometer zu wenig exakt ist. Diese haben eine gewisse Masse und eine gewisse Eigenstrahlung, die ihnen eigen sind. Sie werden in ein gasförmiges Milieu mit oft sehr verschiedenen Bedingungen (Luft) plaziert und können deshalb Temperaturen anzeigen, die weder mit der wirklichen Temperatur der Pflanze noch mit derjenigen der Luft übereinstimmen. Die Färbung des Quecksilberbehälters



Reben durch Frost vernichtet



Durch Beregnen mittels Perrot-Langsamregner sind selbst die Gescheine an den Triebspitzen dieser Reben vollständig gesund geblieben.

(Geschein = Blütenstand der Weinrebe)

beeinflusst die Resultate ebenfalls wesentlich; so zeigt ein Thermometer mit Russ geschwärmtem Behälter in einer windstillen, klaren und kalten Nacht eine tiefere Temperatur an als ein farbloses, währenddem bei Sonnenbestrahlung das umgekehrte der Fall ist. Am 28.2.1952 haben wir $\frac{1}{2}$ m über dem Boden auf einem farblosen Vertikalthermometer um 12:30 Uhr $+9^{\circ}$, auf einem schwarzen dagegen 11° gemessen. Um 23 Uhr betrug die Temperatur auf dem farblosen Thermometer 0° und auf dem schwarzen $-0,3^{\circ}$ (am Thermograph 1,8 m über Boden = 1°). Wenn man anstelle der Schwärzung schwarze Farbe verwendet, variieren die Temperaturen noch mehr.

Diese verschiedenen Feststellungen veranlassten uns, nach Apparaten zu suchen, die genauer die wirkliche Temperatur der Luft sowie der Pflanzen festzustellen erlauben. Ferner sollen sie ermöglichen, die Temperatur, die sie anzeigen, mit derjenigen normal gefärbter oder ungefärbter Thermometer zu vergleichen. Für die automatische Aufzeichnung der Pflanzentemperaturen haben wir einen mit elektrischen Widerständen ausgerüsteten Registrierapparat verwendet, der die Temperatur von 6 verschiedenen Orten aufzeichnet. Die Lufttemperatur haben wir mit Thermoelementen gemessen.

Eine Anzahl Messungen wurde auf einem Apfelbaum ohne künstliche Beeinflussung der Temperatur von aussen her durchgeführt. In kalten Nächten versuchte man die Pflanzen mittels elektrischen Heizkörpern zu erwärmen.

Andererseits wurden zwei junge Birnbäume mehrmals bespritzt, um die Wirkung der Beregnung festzustellen.

Es folgen einige Beispiele aus vielen Messungen, welche die abgelesene Temperatur der Luft sowie der Apfelknospen wiedergeben. (Im Januar sind die Knospen wenig entwickelt und wenig empfindlich.)

20.1.1952 (Hell, leichte Bise, Ablesung des Thermometers um 21.30 Uhr)

Thermometer farblos: -8°C , Thermometer grün: $-7,5^{\circ}\text{C}$.

Elektr. Thermometer

Lufttemperatur $^{\circ}\text{C}$: -5,5 -5,5 -5,8 -5,8 -5,5 -5,5 -5,5 -5,5 -6 -6

Elektr. Thermometer

Knospentemperatur $^{\circ}\text{C}$: -5,5 -5,8 -6 -6 -6 -5,6 -6,2 -6,2 -6,3 -6,3

Differenz $^{\circ}\text{C}$: 0 0,3 0,2 0,2 0,5 0,1 0,7 0,7 0,3 0,5

Während dieser Versuchsreihe, in der die Temperatur der Knospen leicht niedriger war als die der Luft, haben wir feststellen können, dass die Knospen extrem empfindlich sind gegenüber den kleinsten Veränderungen der Aussentemperatur. Der kleinste Luftzug genügte, um die Knospentemperatur sofort zu verändern.

21.1.1952 Zeit: 07.45 12.30 13.40 16.25 16.45 16.58* 17.00 17.30 18.00

g. cal. cm^2 min. 1,35 1,48 0,9 0,6 0,5 0,09 0,01

Feuchtigkeit % 75 63 64 58 62 70

Temperatur Thermograph -7,2 -5 -4,8 -4,5 -5 -6,9

Temperatur Thermograph farblos -6,1 -7,2 -8,2

Temperatur Thermograph grün -5,3 -6,6 -7,2

Temperatur Thermograph schwarz -8,2 -7,5 -7,9

* Sonnenuntergang.

Wirkliche Temperatur, gemessen mit elektr. Thermometer etwas vor und während des Sonnenunterganges am **21.1.1952**:

Zeit 16.45 16.58 17.00

Kal. cm^2 min. 0,6 0,09

Lufttemp. $^{\circ}\text{C}$. -1,5 -1,5 -2 -4 -4 -5 -5 -5 -5,8 -6,5 -6,8 -7 -7 -7,8 -7 -7 -7

Knospentemp. $^{\circ}\text{C}$. -1 -0,5 -1,5 -3,5 -4 -4,1 -4,5 -4,5 -6,5 -6,8 -7,1 -7,3 -7,5 -8,3 -7,5 -7,3 -7,3

Heizversuch mit 25 Watt-Lampe:

Bedeckt, Schneefall. **25.1.1952**.

18.00 Uhr. 2 Bäume

Entfernung vom Stamm (in m) 10 5 4 2 1 1

cal. cm^2 min. 0,3 0,55 0,75 1 1,25 1,25

Temperatur $^{\circ}\text{C}$. -0,9 -0,1 +0,4 +1,2 +1,3 +4 5,5

Gewinn $^{\circ}\text{C}$. 0,8 1,3 2,1 2,2 4,9 6,4

Thermometer im Baum: farblos = $-1,9^{\circ}\text{C}$, grün = $-1,9^{\circ}\text{C}$, schwarz = $-1,8^{\circ}\text{C}$.

25. Februar: **Messungen an Birnbaum Nr. 1, 0,80 m vom Boden.**

16.10 Uhr, 0,08 g. cal./cm² min., Feuchtigkeit 85 %, Thermograph -1,9°, Nebel 100 %.
 Thermometer auf Bäumen, farblos -2°, grün -1,4°, schwarz -1,5°, Knospen -0,95° fest.
 Beregnungswasser 5,7°, Wassermenge 13,6 l/min.

Zeit:	16.10—16.36	16.36	16.43	16.46	neue leichte Beregnung					
Zustand:	Leichte Beregnung	Abkühlung d. m. Eis bedeckten Knospen								
Knospentemp. ° C.:	-0,95 +0,7 +0,9	0,8	-0,6	-0,8	-0,5	+0,7	+0,9	1,1	1,1	1,8
Variation ° C.:	0 1,65 1,85	1,75	1,4	1,6	0,45	1,65	1,85	2,05	2,05	2,75
Minuten:		0	6	9						
Entfernung zwischen Strahl und Bäumen, ca. m:					1	0,4	0,3	0,2	0	0

29. Februar 1952: Birnbaum Nr. 1:

Wassermenge: 12,3 l/min., von der nur ein Teil benötigt wird.

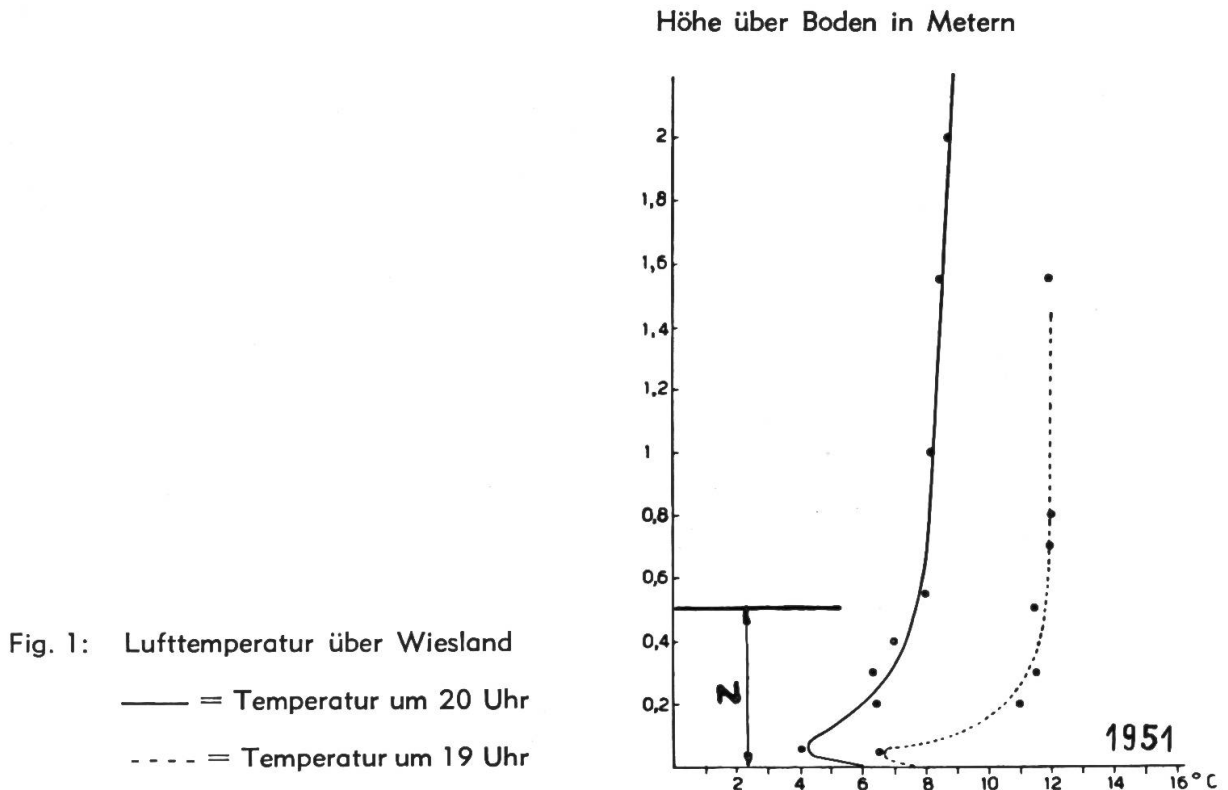
Wassertemperatur: 5,5 ° C.

Temperatur um 18.10 Uhr: Thermometer farblos -7,9 ° C, grün -7,3 ° C, schwarz -7,5 ° C.

Knospen: -6,5 ° C., Elektr. Luftthermometer: -6 °.

Entfernung zwischen Baum und Strahl, ca. m		0,5	0,25	0,1	0
18.10 Uhr Temperatur der Knospen ° C:	-6,5	-4,5	-1,5	0	+0,5
Gewinn ° C:	0	2	4	6,5	7
18.16 Uhr Unterbruch					+0,5
18.26 Uhr kühlt sich ab auf					-4,2
18.27 Uhr Neue Beregnung ° C.	-5	-4,8	-2	+0,5	+0,5
18.28 Uhr Unterbruch					+0,5
18.34 Uhr kühlt sich ab					-3,7
18.40 Uhr kühlt sich ab					-4,6

Diese Bäume waren mit einer Eisschicht bedeckt, die als Schutzschicht diente.



Temperatur in ° C.

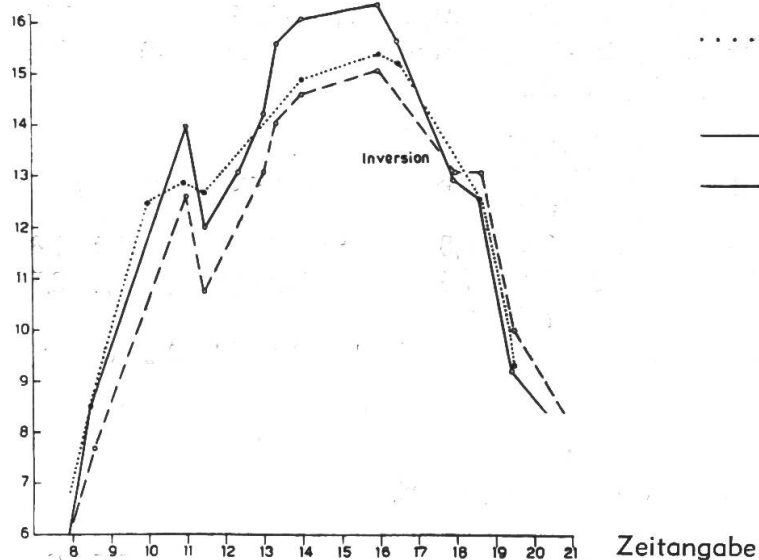
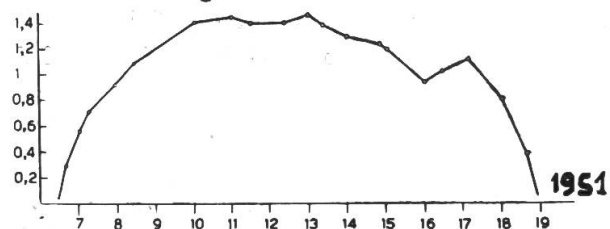


Fig. 2

- = Temperatur am weissgefärbten Vertikalthermometer
- = Temperatur der Knospen
- = Temperatur der Aussenluft

Sonnenstrahlung (cal./cm²/min.)



Der Temperaturunterschied ist nicht unbedeutend, Wärmezufuhr ist aber trotzdem noch nötig. Die Zeit, während der der Baum dieser Bedingung ausgesetzt ist, spielt ebenfalls eine Rolle.

Die Methode der Beregnung der Pflanzen als Frostschutz ist nicht neu. Ihre Anwendung in der Praxis beginnt dagegen erst heute. Das

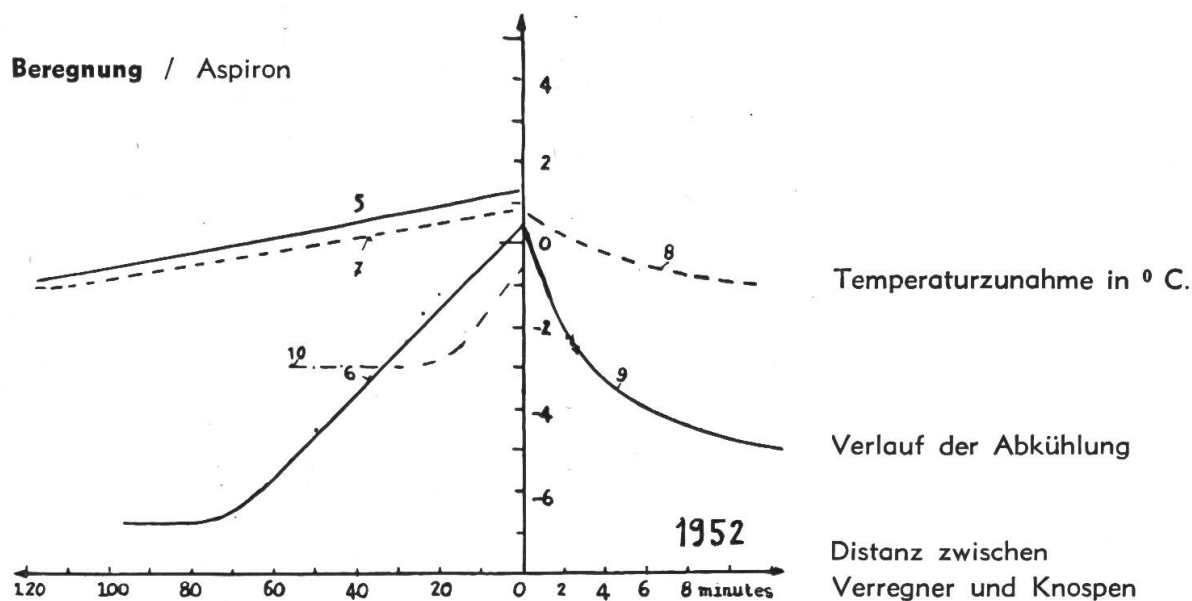


Fig. 3: Einfluss der Beregnung auf die Temperatur der Knospen

Prinzip dieses Verfahrens besteht darin, die latente Wärme des Wassers einerseits und diejenige des Eises andererseits zum Erwärmen und Schützen der Knospen anzuwenden. Dazu werden die Pflanzen einer Beregnung unterworfen. Die in der Folge sich bildende Eisschicht verzögert nach Aufhören der Beregnung die Abkühlung der Pflanze. J. Gattlen empfiehlt eine periodische Berieselung mittels Verregnern, deren Drehgeschwindigkeit derart eingestellt ist, dass die Pflanze in einem bestimmten Zyklus eine neue Zufuhr von Wärme erhält. Um wirksam zu sein, muss die Beregnung bis nach Sonnenaufgang fortgesetzt werden, damit die Knospen genügend Zeit haben, sich zu erwärmen.

Wir machten eine Serie Versuche auf Birnbäumen. Auf jedem Bäumchen wurde ein farbloses, ein grünes und ein schwarzes Thermometer angebracht sowie ein elektrisches, das die Temperatur der Knospen anzeigte. Es war möglich, gleichzeitig die Temperaturen der Knospen zweier verschiedener Bäume abzulesen. Ferner machten wir Versuche über die Raschheit der Abkühlung nach jedem Beregnungsunterbruch.

Die Versuche vom 25. und 29. Februar 1952 zeigen die Temperaturunterschiede der Luft und der Knospen unter verschiedener Behandlung. Der Einfluss der Ausstrahlung des Bodens auf die Lufttemperatur in unmittelbarer Bodennähe nach Sonnenuntergang war bei einem unserer Versuche besonders deutlich, wie folgende Zahlen belegen:

4° C auf dem Grasland, 5° C auf unbewachsenem Boden, 6,5° C in 30 cm Höhe, 8° C in 80 cm Höhe, 8,5° C in 150 cm Höhe und 9,5° in 230 cm Höhe.

Die erwähnte Ausstrahlung hat eine Inversion (Umkehr) der Knospen-temperatur zur Folge. Diese ist während des Tages höher als die Lufttemperatur, kann aber nach Sonnenuntergang niedriger werden (Fig. 2). Die gefärbten Thermometer (weiss, rot, gelb, grün und schwarz) weisen, je nach den äusseren Bedingungen, bei der Erwärmung bemerkenswerte Unterschiede auf.

Wir haben der dem Boden nahen Luftschicht spezielle Aufmerksamkeit gewidmet. Beim Messen ihrer Temperatur von cm zu cm haben wir Variationskurven vor, während und nach dem Sonnenauf- und -untergang, sowie während des Tages aufstellen können. Wir stellten 5—20 cm über dem Boden eine Luftzone fest, die vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang kälter sein kann als diejenige 20 bis 30 cm über dem Boden, besonders über Wiesland. Da das Gras infolge Ausstrahlung kälter ist als die Aussenluft, wirkt es wie ein Kühlschränk, so dass sich das in der Luft enthaltene Wasser kondensiert (Tau) oder gefriert (Reif). Es folgen einige Zahlen, gemessen abends um 18.15 Uhr.

Distanz vom Boden im cm	0	1	2	5	10	20	30	50	75	100	150	175
a) Temperatur (Wiesboden) ° C.	10	8	5	4,7	4,8	5,3	5,3	6,5	7,2	7,2	7,7	8,3
b) Temperatur (Wiesboden) ° C.	15			0,7		0,5			0,7	1		

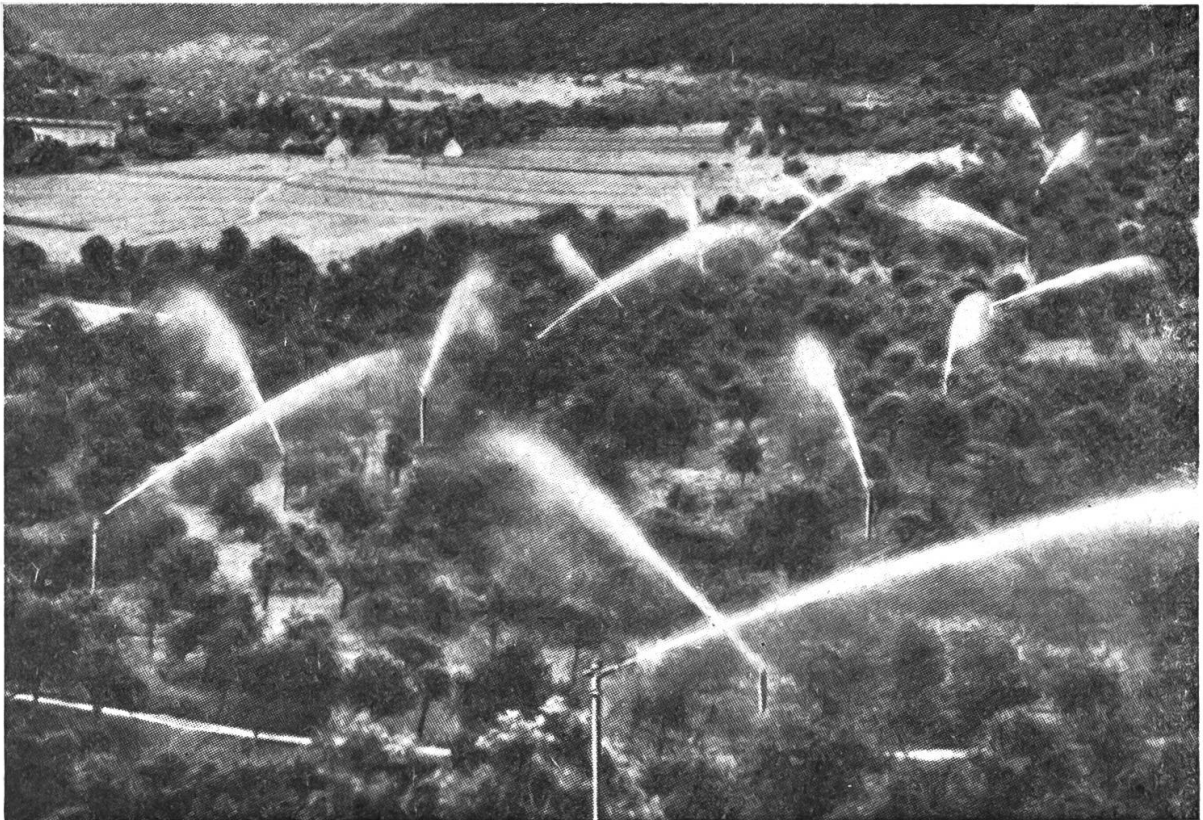


Langsamberegnungs-Anlage mit Perrot-Regner LKA-30 für Tabak-Kulturen

Bei Sonne und windstillem Wetter kann das Umgekehrte der Fall sein. Wenn es sich um Blätter handelt, die mit einem Schädlingsbekämpfungsmittel (Frühling oder Sommer) bedeckt sind, hat der Schutzbelag ebenfalls einen Einfluss auf die Erwärmung, z. B. Lufttemperatur $28,5^{\circ}$ (gemessen mit dem elektr. Thermometer): Blatt im Schatten 28° , an der Sonne 35° C, mit Bordeauxbrühebelag 43° C, bei leichtem Nebel $28,2^{\circ}$ C / $26,0^{\circ}$ C / $27,4^{\circ}$ C / 29° C.

Die Kurve über die Abkühlung der bodennahen Luft zeigt, dass die Knospentemperaturen in verschiedener Höhe ebenfalls variieren, so dass die früher erwähnten Zahlen vom 25. und 29. Februar 1952 nicht als absolut aufzufassen sind. Infolge der in Bodennähe tieferen Temperatur sind auch die tief liegenden Knospen dem Frost stärker ausgesetzt. Das hat seine Bedeutung für Zwergkulturen (Abkühlungskurve Fig. 1).

Die Aeste und Zweige sind je nach äusseren Bedingungen wärmer, gleich warm oder kälter als die Luft (z. B. Luft 17° C Zweige = $18,5^{\circ}$ C). Sie sind bei Sonne wärmer als die umgebende Luft, nach Sonnenuntergang, bei klarem Wetter können sie jedoch kälter sein. (11.4.1952 um 20.30 Uhr:



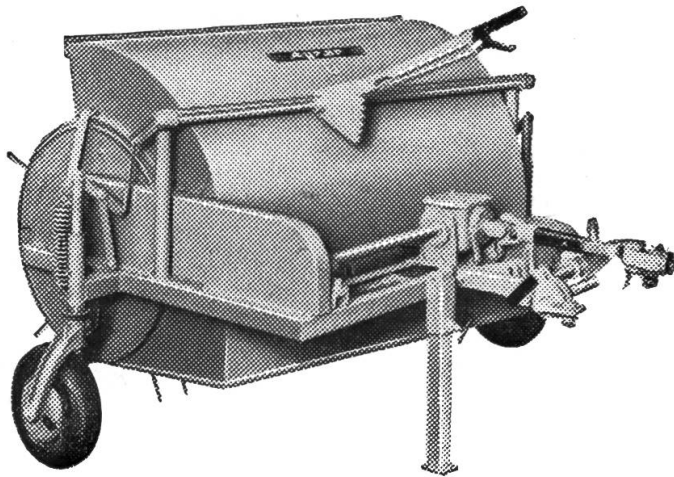
Langsamberegnungs-Anlage mit Perrot-Regner LKA-30 für Obst-Kulturen

Luft 11°, 11,5°, 11,3°, Ast von 4 cm Durchmesser und Zweig von 0,5 cm Durchmesser 10°, 10,5°, 10,8°, 10,5°.)

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei der Frostbekämpfung noch keine Standard- und Ideal-Lösung gefunden worden ist. Es handelt sich vielmehr um ein Uebel, dem man je nach den örtlichen Verhältnissen, begegnen kann durch Zudecken, Heizen oder Beregnen. Das letztgenannte Verfahren erfordert eine Beregnungsanlage, d. h. eine nicht unwesentliche Kapitalinvestition. Die Anlage kann allerdings auch für die Sommerberegnung benutzt werden. Die Inbetriebsetzung ist bei Frostgefahr rasch und bequem. Man kann damit relativ intensive Fröste bekämpfen. Eine automatische In- und Ausserbetriebsetzung ist möglich. Da das Verfahren in der Anwendung noch neu ist, muss die Technik der Verwendung noch verfeinert und für die verschiedenen Arten der Kulturen und Terrainverhältnisse durch Beobachtungen und Versuche weiterentwickelt werden. Die bisherigen Ergebnisse sind ermutigend.

(Sämtl. Bilder wurden von der Maschinenfabrik Aecherli AG., Reiden zur Verfügung gestellt)



Agrar



Graszett- maschinen

für Zapfwellenantrieb

Zeitgewinn und Einsparung von Arbeitskräften

unter gleichzeitiger Verbesserung der Futterqualität ist auch Ihre Devise. Die Agrar-Graszettmaschine ist in der Schweiz für unsere schweizerischen Verhältnisse gebaut und leistet auch in unebenem Gelände und selbst in langem Ackerfutter einwandfreie Zettarbeit. Diese Maschine ist für alle Traktoren mit normalisierter Zapfwelle in angehängter und aufgesattelter Ausführung auf die Saison lieferbar.

Agrar-Graszettmaschinen sind Nachahmungen weit überlegen und bieten durch die längsten Erfahrungen der Praxis wesentliche Vorteile, wie z. B.: **Direkter Haspel-Antrieb** durch Stahlrollenkette, dadurch gleichbleibende Tourenzahl, kein Verschleiss und kein Verstopfen der Maschine, **kräftige Bauart, Anpassung an Bodenunebenheiten und beste Zettarbeit selbst in schwerstem Futter, Höhenregulierung und müheloses An- und Abkuppeln.**

Zufolge sehr starker Nachfrage liegt die baldige Entschlussfassung in Ihrem eigenen Interesse. Bitte verlangen Sie heute noch den illustrierten Prospekt und Angabe von Referenzen.

Agrar

Fabrik landw. Maschinen AG. Wil (SG)

Telephon (073) 6 01 21