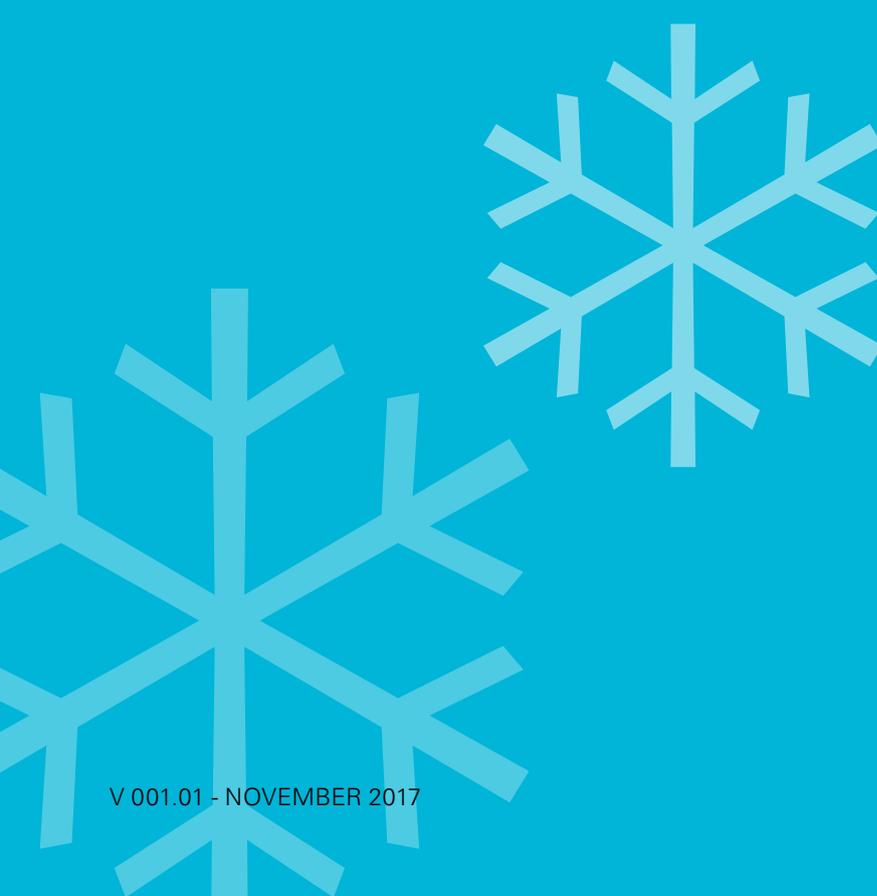


FROSTSCHUTZ

HANDBUCH



V 001.01 - NOVEMBER 2017

 **NETAFIM**[™]
WATER, FOOD, LIFE

© COPYRIGHT 2017, NETAFIM™

VERVIELFÄLTIGUNG, ELEKTRONISCHE SPEICHERUNG ODER VERÖFFENTLICHUNGEN JEDLICHER ART DIESES HANDBUCHES ODER VON AUSZÜGEN DESSELBEN AUF ELEKTRONISCHEM ODER MECHANISCHEM WEG, DURCH AUFZEICHNUNG, PHOTOKOPIE ODER JEDLICHE ANDERE VERVIELFÄLTIGUNGSVERFAHREN IST OHNE DIE VORHERIGE SCHRIFTLICHE ERLAUBNIS VON NETAFIM™ VERBOTEN.

NETAFIM™ IST STETS DARUM BEMÜHT, ERSTKLASSIGE PRODUKTQUALITÄT SOWIE AKKURATE UND PRÄZISE PRODUKTINFORMATIONEN ZU LIEFERN. JEDOCH LASSEN SICH FEHLER NIE GANZ AUSSCHLIEßEN.

NETAFIM™ ÜBERNIMMT KEINE HAFTUNG FÜR SCHÄDEN ODER VERLUSTE DIE SICH AUS DER NUTZUNG SEINER PRODUKTE ODER AUS DER NUTZUNG DER IN DIESEM HANDBUCH BEREITGESTELLTEN INFORMATIONEN ERGEBEN.

NETAFIM™ BEHÄLT SICH DAS RECHT VOR, ÄNDERUNGEN UND VERBESSERUNGEN SEINER PRODUKTE UND/ODER DER ENTSPRECHENDEN DOKUMENTATIONSUNTERLAGEN OHNE VORANKÜNDIGUNG VORZUNEHMEN.



HINWEIS

Die in diesem Dokument enthaltenen Zeichnungen sind für Anschauungszwecke bestimmt. Im konkreten Anwendungsfall können Produktspezifikationen und Anordnung davon abweichen.



ÜBERSETZUNGSHINWEIS

Dies ist eine Übersetzung der englischsprachigen Originalfassung des Handbuchs. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass im Fall von aus der Übersetzung resultierenden Unstimmigkeiten oder Widersprüchen die englische Originalfassung maßgebend ist.

INHALTSVERZEICHNIS

Verwendete Symbole	4
Einleitung	
Ziele dieses Handbuchs	5
Sicherheitshinweise	5
Frost als Naturerscheinung	
Frostarten	6
Begriffe und Definitionen	7
Frostschäden an Pflanzen	12
Frostschutzmethoden	
Einleitung	13
Vergleich von Wasser und Treibstoff	14
Frostschutzstrategie	14
Frostschutz durch Bewässerung	
Einleitung	15
Begriffe und Konzepte	15
Frostschutzanlagen	16
Wassergabe – ja oder nein?	20
Systemauswahl	
Einleitung	22
Frostschutzprodukte von Netafim™	22
Netafims™ große Produktauswahl für Teilflächen oder Vollabdeckung	24
Auswahl eines Frostschutzsystems	26
Berechnungen	27
Berechnungen für Über- und Unterkronenfrostschutz mit Vollabdeckung	27
Berechnungen für Über- und Unterkronenfrostschutz mit Teilabdeckung	29
Gesamt- vs. Teilabdeckung in Plantagen	31
Berechnungen für Vollabdeckung im Weinbau und für Reihenkulturen	32
Berechnungen für Teilabdeckung im Weinbau und für Reihenkulturen	33
Vergleich der Voll- und Teilabdeckung im Weinbau und für Reihenkulturen	34
Erfolgsberichte	
Fallstudie 1: Stengaarden, Dänemark	35
Fallstudie 2: Baumschule Annton, Cambridge, Neuseeland	36
Fallstudie 3: Voivodina, Serbien	37
Fallstudie 4: Bredemosegaard, Dänemark	38
Fallstudie 5: Hoogland, Südafrika	39
Fallstudie 6: Mazaleon, Teruel, Spanien	40
Fallstudie 7: Vester Vedsted, Dänemark	41
Systembeispiele weltweit	
Standort 1: Casablanca Valley, Chile	42
Standort 2: Frankreich	42
Standort 3: Italien	43
Standort 4: Frankreich	43
Anhang	
Weiterführende Informationen	44

VERWENDETE SYMBOLE

Erläuterungen zu den im Handbuch verwendeten Symbolen:



WARNHINWEIS

Der an dieser Stelle stehende Text enthält Vorschriften und Anweisungen, die der Vermeidung von Verletzungen sowie Schäden an Pflanzen und am Frostschutzsystem und/oder Infrastruktur dienen.



VORSICHT

Der an dieser Stelle stehende Text enthält Vorschriften und Anweisungen, mit denen unsachgemäße Installation, Systembetrieb oder Systemzustände vermieden werden sollen. Nicht-Einhaltung dieser Vorgaben kann zum Aufhebung des Garantieanspruchs führen.



ACHTUNG

Der an dieser Stelle stehende Text zeigt eine effizientere Nutzung der Vorgaben dieses Handbuchs auf.



HINWEIS

Der an dieser Stelle stehende Text enthält Hinweise zur Installation oder zum Betrieb des Systems.



VORSICHT STROM

Der an dieser Stelle stehende Text enthält Vorschriften zur Vermeidung von Verletzungen oder Schäden an Systemkomponenten, die durch Elektrizität verursacht werden.



SCHUTZSCHUHE

Der an dieser Stelle stehende Text enthält Vorschriften zur Vermeidung von Fußverletzungen.



SCHUTZAUSRÜSTUNG

Der an dieser Stelle stehende Text enthält Vorschriften, die der Vermeidung von Gesundheitsschäden oder Verletzungen beim Umgang mit Düngemitteln, Säuren oder Chemikalien dienen.



BEISPIEL

Der an dieser Stelle stehende Text erläutert anhand eines Beispiels die Einstellungen, Betriebsweisen oder Installation des dargestellten Anlagensystems. Die verwendeten Zahlenwerte sind nur hypothetischer Natur und können nicht auf Ihre eigene Anlage angewendet werden.

EINLEITUNG

Ziele dieses Handbuches

In vielen Regionen weltweit ist der Frostschutz ein wichtiger Bestandteil für einen erfolgreichen Anbau von Obstbäumen und weiteren Kulturen.

Der wirksamste und wirtschaftlichste Frostschutz wird durch die Bewässerung erzielt. Dieses Handbuch zeigt Grundlagendaten und Erläuterungen auf, mit denen eine richtige Auswahl, die Konfiguration und der Betrieb einer Frostschutzbewässerungsanlage möglich wird.



HINWEIS

Wir weisen unsere Kunden besonders darauf hin, dass für die korrekte Funktionsweise eines Frostschutzsystems ein ordnungsgemäßer Betrieb notwendig ist, der den Anforderungen und Bedingungen vor Ort Rechnung trägt. Dies betrifft insbesondere den Faktor Mensch sowie die für richtige Anwendung erforderlichen Kenntnisse.

Sicherheitshinweise

Bei der Installation, Wartung, dem Betrieb und der Reparatur von Netafim™ Frostschutzsystemen und ihren Bestandteilen sind alle in Deutschland geltenden Sicherheitsbestimmungen einzuhalten.



ACHTUNG

Bei Arbeiten in der Landwirtschaft sind stets Arbeitsschuhe zu tragen.



ACHTUNG

Elektroinstallationsarbeiten dürfen nur von ausgebildeten Elektrikern durchgeführt werden! Dabei sind alle geltenden Normen und Sicherheitsvorschriften einzuhalten.



ACHTUNG

Beim Umgang mit Säuren und Chemikalien sind stets Schutzbekleidung, Handschuhe und Schutzbrille zu tragen.



VORSICHT

Das manuelle Öffnen und Schließen eines Ventils muss langsam und behutsam erfolgen, weil andernfalls das System durch Druckstöße beschädigt werden kann.

FROST ALS NATURERSCHEINUNG

Frost ist das Absetzen von Wasserdampf aus der gesättigten Luft bei gleichzeitigem Gefrieren auf festen Oberflächen auf Grund deren niedrigerer Temperaturen. Wenn feste Oberflächen mit Kontakt zur Außenluft unter den Gefrierpunkt abkühlen, setzen sich dort Eiskristalle ab. Ein Großteil der Kulturen wird von Frost negativ beeinträchtigt oder kann ganz zerstört werden. Frost kann vornehmlich im Frühjahr, Herbst und Winter auftreten.

Frühjahrsfrost ist ein Wetterereignis, welches im Obstbau enorme Schäden anrichten kann. In manchen Regionen ist zur Sicherstellung stabiler Erntemengen und Fruchtqualitäten ein wirkungsvoller Frostschutz unabdingbar.

Laubbäume und Rebstöcke können Winterfrösten gut widerstehen. Jedoch steigt mit der Knospenbildung und Blüte im Frühjahr ihre Frostempfindlichkeit stark an. Frostschäden führen zu starken Verzögerungen bei der Blatt- und Fruchtentwicklung und teils enormen Ertragseinbußen in Obstbäumen und Weinstöcken.

Andere Kulturen (wie zum Beispiel Kartoffeln, Bohnen, Avocado, Zitrusbäume, usw.) sind in verschiedenen Wachstumsstadien für Frühjahrsfrost anfällig. Frostereignissen in diesen Kulturen sollte auf gleiche Weise begegnet werden.

Frostarten

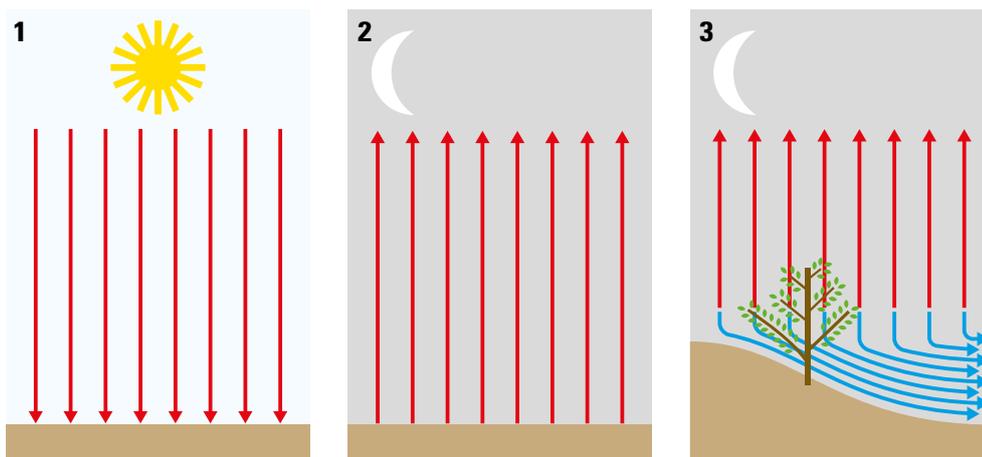


HINWEIS

Frost vs. Erfrieren: Obwohl die Begriffe "Frost" und "Erfrieren" oft austauschbar verwendet werden, beschreiben sie zwei sehr unterschiedliche Phänomene (siehe [Strahlungsfrost](#) und [Advektionserfrieren](#) unten).

Strahlungsfrost

1. Tagsüber erwärmt die Sonnenstrahlung die Erdoberfläche.
2. Nachts strahlt die Erde die Wärme in die Atmosphäre ab.
3. Strahlungsfrost tritt auf, wenn wolkenloser Himmel, geringe relative Luftfeuchtigkeit und leichter Wind die Entstehung einer Inversion ermöglichen, bei der die Temperaturen nahe der Oberfläche unter den Gefrierpunkt fallen (siehe „[Thermische Inversion](#)“ auf Seite 9).



Voraussetzungen:

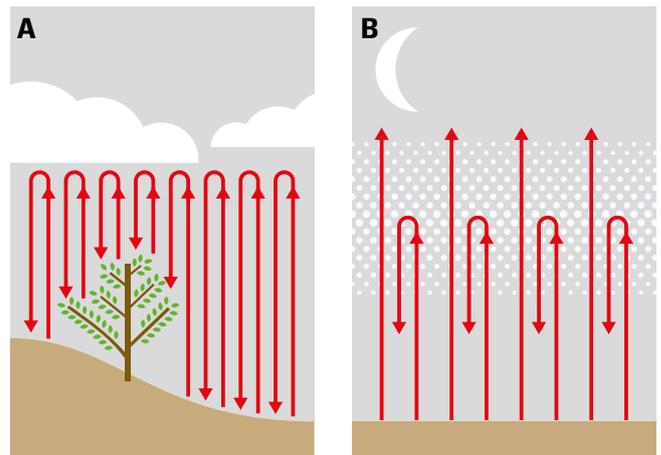
- Windgeschwindigkeit kleiner als 8 km/h
- Wolkenloser Himmel
- Tagestemperaturen über 0°C

FROST ALS NATURERSCHEINUNG

Normalerweise können Strahlungsfröste nicht unter Bedingungen auftreten, die die Entstehung einer Inversion verhindern.

A. In Nächten mit bedecktem Himmel wird ein Teil der Energie von den Wolken zurück zur Erdoberfläche reflektiert.

B. Bei großer Luftfeuchtigkeit wird ein Teil der abgestrahlten Wärme durch den Wasserdampf und das Kohlendioxid (CO₂) der Atmosphäre absorbiert und nach unten reflektiert.



Gefrieren durch Advektion

Ein durch Advektion oder Wind verursachtes Gefrieren tritt auf, wenn Kaltluft mit negativen Temperaturen in ein Gebiet geführt wird.

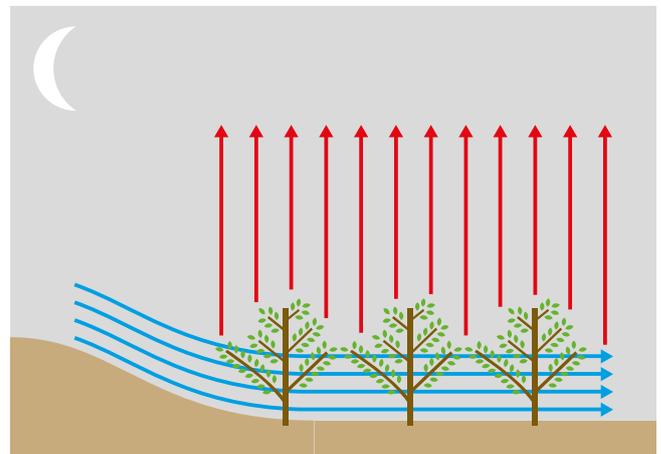
Voraussetzungen:

- Windgeschwindigkeit über 8 km/h
- Wolken können vorhanden sein
- Tagestemperaturen unter 0°C
- Stärke der Kaltluftmasse 150 -1.500 m



HINWEIS

Gegen Advektionsgefrieren gibt es keinen wirksamen Schutz. Jedoch tritt dieses Phänomen, je nach Region selten auf.



Begriffe und Definitionen

Zum besseren Verständnis des Frostphänomens werden zunächst folgende Begriffe und Definitionen erläutert:

Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit beschreibt die Menge Wasserdampf in der Luft.

Die Luftfeuchtigkeit kann auf verschiedene Arten angegeben werden, am gebräuchlichsten sind „relative Luftfeuchtigkeit“ und „Taupunkttemperatur“.

Relative Luftfeuchtigkeit (RH)

Die relative Luftfeuchtigkeit ist das Verhältnis aus aktuellem Wasserdampfgehalt und dem Sättigungswasserdampfgehalt der Luft bei derselben Temperatur.



HINWEIS

Trotz ihrer häufigen Verwendung ist die relative Luftfeuchtigkeit nicht das bevorzugte Maß für die Luftfeuchte, weil sie von der Temperatur abhängt.

Warme Luft kann mehr Wasserdampf halten als kalte Luft.

Bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit enthält eine kühlere Luftmasse weniger Wasserdampf als eine warme Luftmasse.

FROST ALS NATURERSCHEINUNG

Trocken-, Feucht- und Taupunkttemperatur

Trocken-, Feucht- und Taupunkttemperaturen dienen der Beschreibung des Feuchtezustandes der Luft.

Dazu ist Kenntnis von zwei dieser drei Größen erforderlich.

Trockentemperatur - T_{db}

Die Trockentemperatur, auch Lufttemperatur ist die am häufigsten verwendete Wettergröße.

Die Trockentemperatur ist die normale Temperatur der Umgebungsluft. Sie wird „Trockentemperatur“ genannt, weil die auf dem Thermometer angezeigte Lufttemperatur nicht durch den Feuchtegehalt der Luft beeinflusst wird.

Die Trockentemperatur wird mit einem normal aufgestellten Thermometer gemessen, geschützt vor direkter Sonnenstrahlung und Feuchtigkeit.

Feuchttemperatur - T_{wb}

Die Feuchttemperatur wird von einem befeuchteten und dem Luftstrom ausgesetzten Thermometer gemessen.

Dazu wird das Thermometer von feuchtem Gewebe umgeben. Durch die Verdunstung stellt sich ein Kühlungseffekt ein, die „Feuchttemperatur“ ist niedriger als die „Trockentemperatur“.

Die Verdunstungsrate und der Kühlungseffekt des feuchten Gewebes sowie der Unterschied zwischen „Trocken- und Feuchttemperatur“ hängen von der Luftfeuchtigkeit ab. Enthält die Luft mehr Feuchte, sinkt die Verdunstungsrate und somit der Temperaturunterschied.

Die Feuchttemperatur ist stets kleiner als die Trockentemperatur, außer bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit, sind beide Temperaturen gleichgroß (Luft befindet sich an der Sättigungslinie).

Taupunkttemperatur - T_{dp}

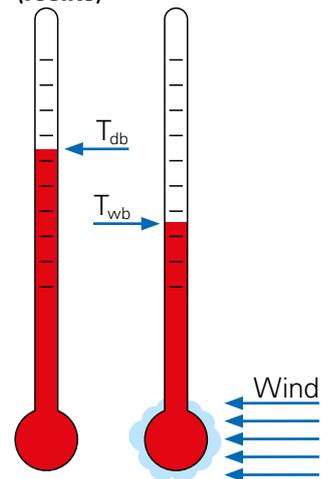
Die Taupunkttemperatur ist die Temperatur, bei der die Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes beginnt (Temperatur, ab der die Luft komplett gesättigt ist). Ist die Temperatur höher, verbleibt der Wasserdampf in der Luft.



HINWEIS

- Liegt die Taupunkttemperatur nahe der aktuellen Trockentemperatur, ist die relative Luftfeuchtigkeit hoch.
- Liegt die Taupunkttemperatur weit unter der aktuellen Trockentemperatur, ist die relative Luftfeuchtigkeit niedrig.

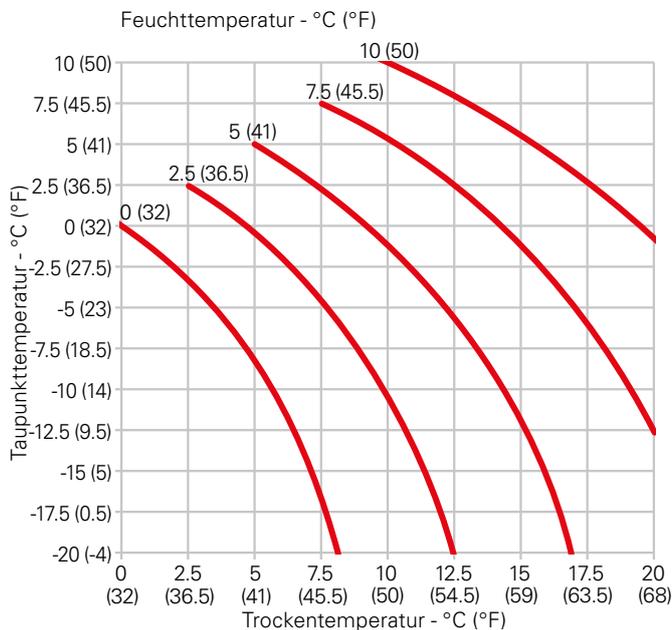
Trockentemperatur (links) vs. Feuchttemperatur (rechts)



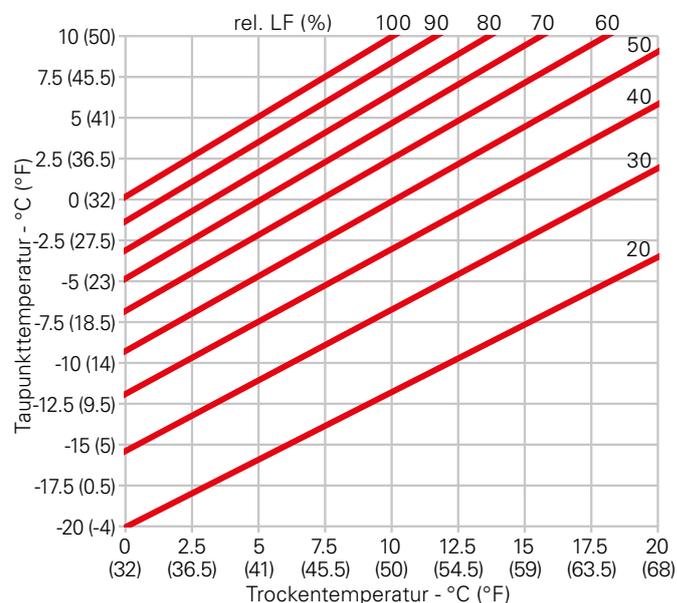
FROST ALS NATURERSCHEINUNG

Taupunktkurven

Taupunkttemperaturen aus Trocken- und Feuchttemperaturen



Taupunkttemperaturen aus Trockentemperatur und relative Luftfeuchte (rel. LF)



Thermische Inversion

In einer wolkenfreien Nacht strahlen alle Gegenstände und festen Oberflächen (wie zum Beispiel Pflanzen oder der Boden) Wärme bei gleichzeitiger Temperaturabnahme in die Atmosphäre ab.

Die Temperatur der unteren Atmosphäre kehrt sich um, und über der kalten untersten Schicht liegen wärmere Luftschichten.

Dies ist umgekehrt oder „invers“ des normalen adiabatischen Temperaturgradienten, nach dem die Temperatur mit zunehmender Höhe stetig abnimmt.

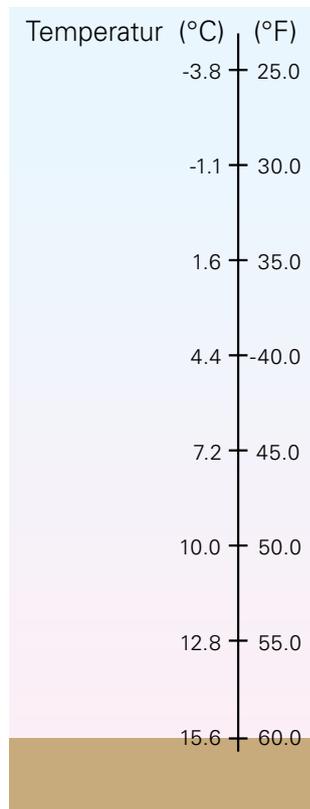
Die Mächtigkeit der Inversionsschicht kann zwischen 10 und 60 Meter betragen.

Zwei Fakten über kalte Luft:

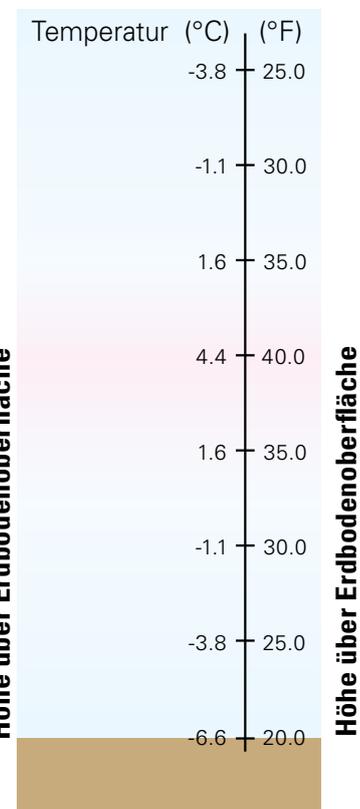
- Kalte Luft ist schwerer als warme Luft.
- Bei ruhigem Wetter entsteht kalte Luft an der Erdoberfläche.

Deshalb sammelt sich die kalte Luft an der Erdoberfläche – dieses Phänomen wird als Oberflächentemperaturinversion oder "thermische Inversion" bezeichnet.

Normaler adiabatischer Temperaturgradient



Inversion



FROST ALS NATURERSCHEINUNG

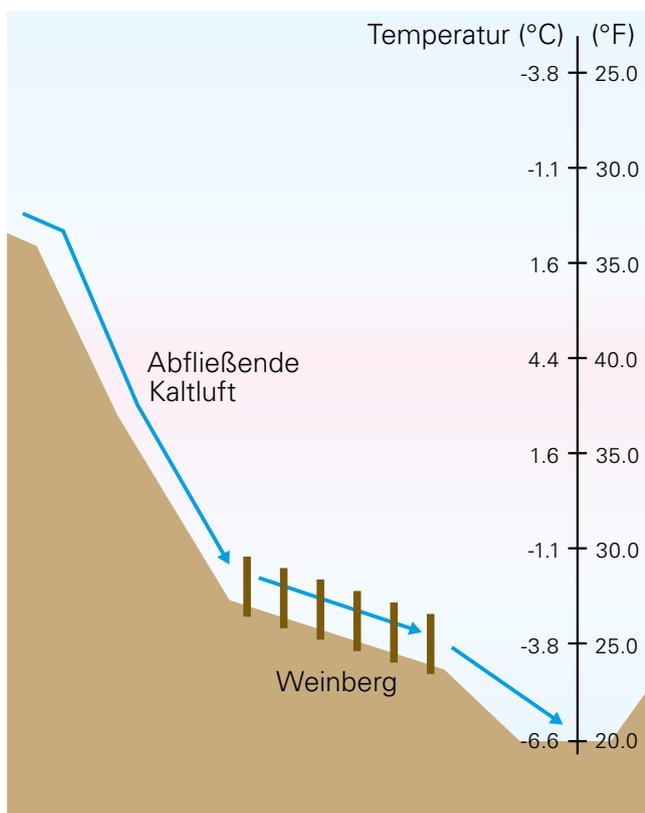
Mikroklima

Erzeuger kennen das Auftreten von Frostsenken und kalten Dellen in hügeligem Gelände. Diese werden durch abfließende Kaltluft verursacht, welche durch die Schwerkraft zu den tiefsten Punkten eines Feldes strömt und sich dort ansammelt. Somit entsteht ein Mikroklima mit kleinräumigen Temperaturunterschieden. In den betroffenen Gebieten kann Frost auftreten, obwohl die großräumig gemessenen Temperaturen über dem Gefrierpunkt liegen.

Auswirkung der topografischen Lage eines Weinberges auf die Temperaturschichtung

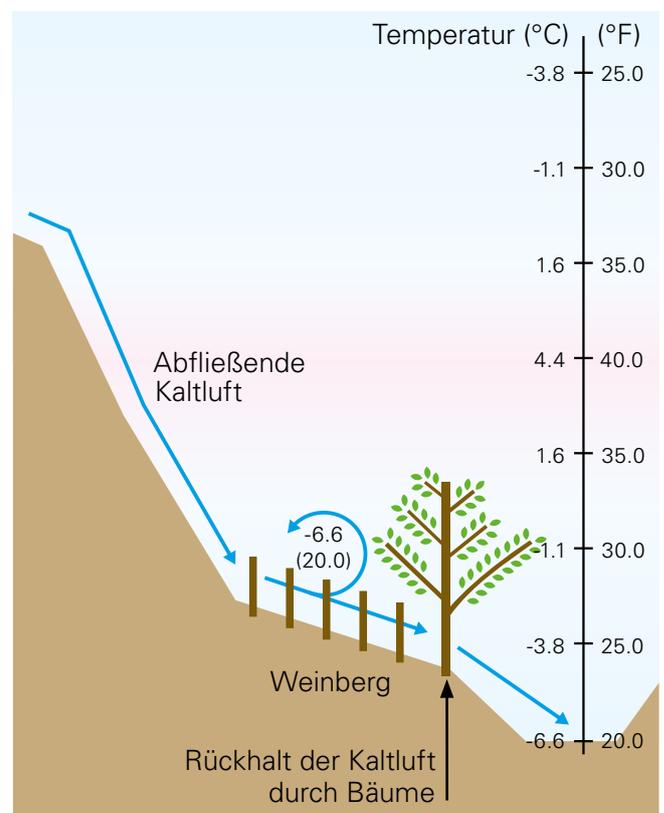
Thermische Inversion

Kaltluft fließt von höher gelegenen Bereichen nach unten ab und strömt durch den Weinberg, der somit niedrigen Temperaturen ausgesetzt wird.



Thermische Inversion mit Windschutz

Die von höher gelegenen Bereichen zuströmende Kaltluft wird durch eine Baumreihe am Rand des Weinbergs aufgehalten – als Folge sinkt die Temperatur im Weinberg noch weiter ab.



Beobachtung des Mikroklimas



HINWEIS

Für das Auftreten von Frost ist die normale Wettervorhersage nicht ausreichend. Die Topographie der Anbaufläche spielt eine entscheidende Rolle für die Frostanfälligkeit gefährdeter Bereiche. Diese tieferliegenden Flächen sind niedrigeren Temperaturen ausgesetzt und somit frostgefährdeter als die Anbaufläche als Ganzes. Mit dem Begriff „Mikroklima“ beschreibt man das lokale Kleinklima in solchen Bereichen.

Aktuelle und vorhergesagte Temperaturen, Bewölkung und Windgeschwindigkeit können gemessen und aufgezeichnet werden. Auf Grund des Mikroklimas variiert die Minimaltemperatur in einem Vorhersagegebiet, jedoch sollten die relativen Verhältnisse für jedes Frostereignis ähnlich sein. Aus diesem Grund ist es besonders hilfreich, diese Daten in ausgewählten Bereichen des Anbaugesbietes für jedes Frostereignis aufzuzeichnen.

FROST ALS NATURERSCHEINUNG

Bei bedecktem Himmel und windigem Wetter sollten die gemessenen Tiefstwerte sehr genau mit den vorhergesagten Werten übereinstimmen.

Jedoch kann bei klarem Himmel und Windstille Frost eintreten, obwohl dieser nicht vorhergesagt wurde. Die Auswertungen und Erfahrungen vergangener Frostereignisse sind besonders wichtig für die Übertragung der flächenhaften Vorhersagewerte auf das konkrete Anbaugelände. Außerdem wird der Erzeuger somit in die Lage versetzt, Frostschutztechnik in den gefährdetsten Bereichen anzuordnen.

Bei einem Strahlungsfrost können genaue Aufzeichnungen vergangener Frostereignisse eine sehr wichtige Hilfestellung für das Treffen von Entscheidungen zur Inbetriebnahme von Frostschutzmaßnahmen liefern. Dies ist besonders bei Einsatz der Überkronenberechnung wichtig. Messungen zum Mikroklima vor der Anpflanzung des Feldes unterstützen den Erzeuger bei der Auswahl von Standort, Art und Größe von Frostschutzanlagen.

Kritische Temperatur

Die kritische Temperatur ist die Temperatur, ab der Pflanzengewebe (Zellen) zerstört werden und reicht von weniger als -18°C im Winter bis 0°C in der Vegetationsphase.

Die kritische Temperatur liegt normalerweise etwas unterhalb des Gefrierpunktes. Der Punkt, ab dem Schäden auftreten hängt insbesondere von der Dauer der Exposition der Pflanzen gegenüber dieser Temperatur ab.

Mehrere Faktoren beeinflussen die kritische Temperatur:

- Wachstumsstadium – während der Frühentwicklung oder Reife
- Fruchtansatz – ob die Frucht noch an der Pflanze ist oder nicht
- Vegetationsruhe – ob die Pflanze aktiv wächst oder nicht
- Pflanzenwassergehalt – ob die Pflanze trockengestresst ist oder nicht
- Allgemeiner Gesundheitszustand der Pflanzen

FROST ALS NATURERSCHEINUNG

Frostschäden an Pflanzen

Viele Kulturen können durch Frost geschädigt oder komplett zerstört werden. Die Auswirkungen hängen von der Kultur, Entwicklungsstadium, und der Exposition des Gewebes zu den tiefen Temperaturen ab.

Die Frostschäden an Pflanzen resultieren hauptsächlich aus der extrazellulären Eisbildung im Pflanzengewebe, wodurch das Zellwasser entzogen wird und die Zellen dehydrieren (FAO 2005).



BEISPIEL

Avocado

Schäden bei Avocado durch Frühjahrsfrost



BEISPIEL

Apfel – Wachstumszyklus

Kritische Temperaturen für jedes Entwicklungsstadium

Stadium	Schädigung	
	10%	90%
 Inaktiv		
 Silberspitze	- 9°C (15.8°F)	- 16°C (3.2°F)
 Grüne Spitze	- 8°C (17.6°F)	- 12°C (10.4°F)
 ½ grün	- 5°C (23.0°F)	- 9°C (15.8°F)
 Festes Buschel	- 3°C (26.6°F)	- 6°C (21.2°F)
 Rosa	- 2.2°C (28.0°F)	- 4°C (24.8°F)
 Blüte	- 2.2°C (28.0°F)	- 4°C (24.8°F)

Werte für kritische Temperatur verschiedener Kulturen können auf der Homepage der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen abgefragt werden: <http://www.fao.org>

FROSTSCHUTZMETHODEN

Einleitung

Alle Frostschutzmethoden basieren darauf, den Verlust von Strahlungswärme zu vermeiden oder zu ersetzen. Die Auswahl einer geeigneten Frostschutztechnologie für einen konkreten Standort wird von vielen Faktoren beeinflusst, so zum Beispiel den Anschaffungskosten, Betriebskosten sowie Bedarf und Verfügbarkeit von Arbeitskräften.

Vergleich der wichtigsten Frostschutzmethoden

Die untenstehende Tabelle führt die Vor- und Nachteile verschiedener Frostschutzmethoden auf.

Passive Methoden

Methoden	Vorteile	Nachteile	Bemerkungen
Standortwahl	<ul style="list-style-type: none"> • Beste Frostschutzmethode • Keine Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Oft wird der Standort vorgegeben und kann nicht frei gewählt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wählen Sie einen Standort mit gutem Kaltluftabfluss. • Visualisieren Sie die Luftströmungen und/oder beobachten Sie Minimumtemperaturen.
Kulturauswahl	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Der Erzeuger kann die Kultur oder Sorte nicht immer frei auswählen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl einer Kultur oder Sorte, die weniger anfällig für Frostschäden ist.

Aktive Methoden

Methoden	Vorteile	Nachteile	Bemerkungen
Heizgeräte	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ geringe Installationskosten • Gewisse zeitliche Verzögerung wird toleriert • Direkte Wärmestrahlung an die Pflanzen in Nähe des Heizgerätes 	<ul style="list-style-type: none"> • Cirka 75%-85% der Heizenergie gehen verloren • Hoher Energieverbrauch • Hohe Heizölkosten • Ohne Inversion weniger wirksam • Verstärkt den Treibhauseffekt – ist in manchen Gegenden verboten 	<ul style="list-style-type: none"> • Freistehend oder als Rohrleitung
Belüfter	<ul style="list-style-type: none"> • Installationskosten ähnlich wie für Heizgeräte • Gute Wirksamkeit in Kombination mit anderen Methoden, wie zum Beispiel Heizgeräte oder Überkronen-Beregung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermischt warme Luft oberhalb der Inversion bis hinunter in den Baum- und Pflanzenbestand
Hubschrauber	<ul style="list-style-type: none"> • Kann sehr effizient sein, da eine Anpassung an die Höhe der Inversionsschicht und ein gezielter Einsatz an „Kältepunkten“ möglich ist 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Betriebskosten • Hubschrauberverfügbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Bläst warme Luft von der Obergrenze der Inversionsschicht hinunter in den Baum- und Pflanzenbestand
Bewässerung	<ul style="list-style-type: none"> • Niedrigere Betriebskosten als Heizgeräte • Das gleiche System kann für eine normale Bewässerung genutzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ hohe Investitionskosten • Bei zu geringer Regenrate: Gefahr von Pflanzenschäden • Kleine Äste können abbrechen • Stammnässegefahr 	<ul style="list-style-type: none"> • Pflanzenteile werden durch die Gefrierwärme geschützt • Bewässerung muss bis zum kompletten Auftauen fortgesetzt werden • Ersatzenergieversorgung wichtig

FROSTSCHUTZMETHODEN

Vergleich von Wasser und Treibstoff

Wasser spielt beim Frostschutz eine sehr wichtige Rolle. Hierzu werden seine physikalischen Eigenschaften ausgenutzt, indem es den Pflanzen Wärme zuführt und diese somit vor Frost schützt. Frostschutz auf der Basis von Wasser ist deutlich energiesparsamer als treibstoffbefeuerte Heizgeräte.

Vorteile von Wasser:

- Niedrige Betriebskosten
- Einfache Bedienung
- Vielfach einsetzbar
- Größere Energieeffizienz



BEISPIEL

Das folgende Beispiel erläutert die Energieeffizienz für den Einsatz von 3,785 Liter (1 Gallone) Dieselkraftstoff.

Der Kraftstoff wird in einem Heizgerät verbrannt	Mit dem Kraftstoff wird eine Wasserpumpe betrieben
Die 3,785 Liter Dieselkraftstoff werden in einem Heizgerät verbrannt, die entstehende Wärme schützt die Obstbäume.	Alternativ wird die gleiche Kraftstoffmenge zum Antrieb einer Wasserpumpe verwendet, das Wasser wird in der Obstplantage über ein Regnersystem verteilt.
Der Energiegehalt von 3,785 Liter Diesel beträgt 140.000 BTU (British Thermal Units).	Die Pumpe fördert bei Einsatz von 3,785 Litern Dieselkraftstoff insgesamt 53.141 Liter Wasser.
Somit werden beim Verbrennen 140.000 BTU in die Obstplantage freigesetzt.	Beim Gefrieren der 53.141 Liter Wasser werden insgesamt 16.848.000 BTU Wärmeenergie freigesetzt.
140.000 BTU Wärmeenergie	16.848.000 BTU Wärmeenergie

$$16.848.000/140.000 = 120$$

Das Beispiel zeigt, dass **der Einsatz von Wasser für den Frostschutz von Obstplantagen 120 Mal energieeffizienter als der Betrieb von Heizgeräten ist.**

Frostschutzstrategie

Die richtige Frostschutzstrategie muss für jeden Standort individuell durch den Plantagenbesitzer festgelegt werden. Einige Aspekte treffen jedoch auf alle Frostschutzsysteme zu.

Damit Frostschutz wirkungsvoll funktioniert, ist ihm die gleiche Aufmerksamkeit und Sorgfalt zu schenken wie der Düngung, dem Rückschnitt, dem Pflanzenschutz sowie anderen Anbaupraktiken. Der Erfolg hängt entscheidend von der korrekten Nutzung der richtigen Anlagen, einer korrekten Bewertung der Situation, der Beachtung von Details und dem Engagement der zuständigen Mitarbeiter ab.



ACHTUNG

Was man tun und was man nicht tun sollte

- Komplette Installation und Probetrieb der Anlage sollten vor Beginn der Frostperiode abgeschlossen werden.
- Überprüfung und Testbetrieb der Anlage vor einem erwarteten Frostereignis.
- Seien Sie vorbereitet. Probleme die bei Wärme und Tageslicht einfach zu lösen sind, können in einer kalten frostigen Nacht, in der jede Sekunde zählt, erheblich oder gar desaströs werden.
- Delegieren Sie den Frostschutz nicht an jemanden, der am erzielten Ergebnis kein direktes Interesse hat.
- Schalten Sie das System nicht ab, bis die Frostgefahr definitiv vorüber ist.

FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG

Einleitung

Die Bedeutung eines Wassereinsatzes zu Zwecken des Frostschutzes von Pflanzen und Bäumen in Perioden mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ist Erzeugern und Wissenschaftlern gleichermaßen seit langem bekannt.

Bewässerung ist die zuverlässigste und wirtschaftlichste Frostschutzmethode.

Der korrekte Bewässerungseinsatz zum richtigen Zeitpunkt kann den Unterschied zwischen einem Totalausfall und minimalen Schäden an den Kulturen ausmachen.

Begriffe und Konzepte

Für ein besseres Verständnis für einen Frostschutz durch Bewässerung sind die folgenden Begriffe und Konzepte von Bedeutung:



HINWEIS

Die Fähigkeit des Wassers bei niedrigen Temperaturen zu verdunsten

Wasser verdunstet bei jeder Temperatur, selbst bei 0°C.

Verdunstung ist ein anderer Vorgang als Kochen und Verdampfen:

Verdunstung tritt zu jedem Zeitpunkt und bei jeder Temperatur auf.

Kochen und Verdampfen tritt nur bei einer bestimmten Temperatur auf, die wiederum vom Luftdruck abhängt (100°C auf Meereshöhe).

Beim Verdunsten von Wasser gelingt es einigen Wassermolekülen an der Oberfläche, diese durch zufällige Bewegung zu verlassen und in die Atmosphäre aufzusteigen.

Die Rate, mit der die Wassermoleküle einen Wassertropfen verlassen, hängt von mehreren Faktoren ab, zum Beispiel der Temperatur von Luft und Wasser, der Luftfeuchte und der Größe der Wasseroberfläche.

Latentwärme:

Latentwärme ist die Energie, die die Wassermoleküle bei Änderung des Aggregatzustandes aufnehmen oder abgeben.



Erstarrungswärme:

Ist die Energie, die beim Erstarren von Wasser zu Eis freigesetzt wird.

Wenn Wasser gefriert, werden 80 Kalorien pro Gramm Wasser freigesetzt.

Während der Zeit, in der Wasser kontinuierlich auf eine Pflanze gebracht wird, hält sich deren Temperatur durch die abgegebene Wärme nahe 0°C.

Verdunstungswärme:

Ist die Energie, die beim Phasenübergang von flüssigem Wasser zu Wasserdampf benötigt wird.

Zum Verdunsten von Wasser bei 0°C wird eine Energiemenge von 597 Kalorien pro Gramm Wasserdampf benötigt.

Jeder verdunstungsfördernde Prozess, wie zum Beispiel Wind und geringe Luftfeuchte, führen zu einer Abkühlung.

FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG

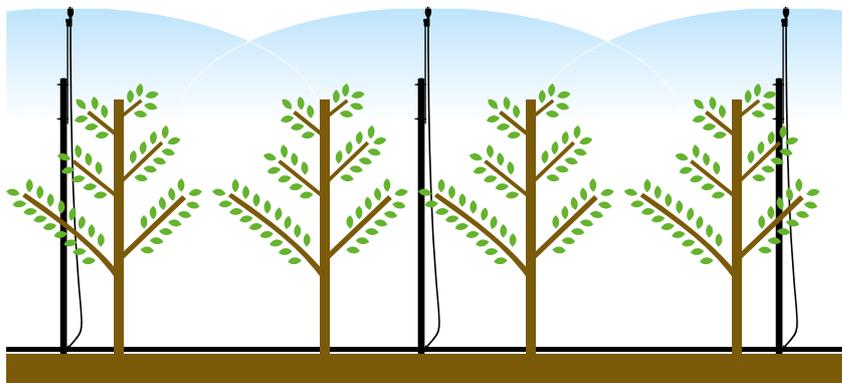
Frostschutzanlagen

Es gibt verschiedene Methoden und Systeme, mit denen den Obstbäumen und Pflanzen Energie zugeführt und somit die Temperatur von einem Absinken in den kritischen Bereich bewahrt wird.

Überkronen-Beregnung mit Vollabdeckung

Während eines Frostereignisses wird die gesamte Fläche oberhalb der Krone beregnet und somit die Erstarrungswärme in der ganzen Fläche verteilt.

- Knospen und Blüten werden vom Eis geschützt.
- Durch kontinuierliche Eisbildung wird genug Wärme abgegeben, um Knospen, Blüten und Früchte über der kritischen Temperatur zu halten.



HINWEIS

In frostanfälligen Gebieten ist die Überkronen-Beregnung die effizienteste und wirtschaftlichste Frostschutzmethode (Valérie Gallia, Irrigazette, March/April, 2001).

Eigenschaften

- Sorgt für effizienten Frostschutz bis zu -5°C bei einer Regenrate von 3 mm/h.
- Frostschutz bis -8°C ist bei größeren Regenraten möglich.
- Liefert je nach Frostintensität und Entwicklungsstadium der Pflanzen die richtige Wassermenge.
- Verteilt das Wasser über die gesamte zu schützende Fläche so gleichmäßig wie möglich.
- Erfordert kontinuierliche Weiterbewässerung während der gesamten Frostdauer.
- Hohe Gleichförmigkeit ist wichtig.
- Ein zuverlässiger Regner ist erforderlich.
- Die Wasservorkommen müssen ausreichend groß sein – eventuell mit Speicher.
- Besondere Aufmerksamkeit muss der Abkühlung durch Verdunstung geschenkt werden.
- Beenden Sie die Frostschutzberegnung nicht zu früh (Siehe Seite 20: [Wassergabe – ja oder nein?](#)).

Vorteile

- Bietet maximalen Schutz.
- Schützt empfindliche Pflanzenteile.
- Pulsierender Betrieb führt zu deutlich reduziertem Wasserverbrauch.

Nachteile

- Kritische Temperaturen zum Ein- und Ausschalten (Siehe Seite 20: [Wassergabe – ja oder nein?](#)).
- Hoher Wasserverbrauch.
- Gefahr der Vernässung.
- Beeinträchtigung der Bodenstruktur durch Erosion und Verschlammung.
- Auswaschen von Nährstoffen und Kontaminationen.
- Kann zu Astbruch führen.



HINWEIS

Der Erfolg der Schutzmaßnahmen gegen Frostschäden durch Überkronen-Beregnung hängt von zwei Schlüsselfaktoren ab: der **Beregnungsrate** und der **Gleichförmigkeit der Wasserverteilung**.

FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG

Wassergabe

Studien belegen, dass das Zusammenspiel der beiden Faktoren Wassermenge und zu schützende Fläche einer der wichtigsten Aspekte bei der Planung eines Frostschutzsystems ist.

Die Nenndurchflussrate des Systems wird unter Beachtung der Aspekte Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit berechnet.

Wind beeinflusst die Verdunstungsrate und die Gleichförmigkeit der Wasserverteilung. Um das gleiche Frostschnitzniveau zu erreichen, muss bei höheren Windgeschwindigkeiten eine größere Beregnungsrate und somit Nenndurchfluss gewählt werden.



WARNUNG

Wenn die Beregnungsrate unzureichend gewählt ist, kann der durch das System verursachte Schaden **größer** sein als ohne Frostschutzanlage.



ACHTUNG

Die Durchsichtigkeit des Eises ist sehr wichtig!



Richtig

Wenn die Frostschnitzberechnung zum richtigen Zeitpunkt und somit bei der richtigen Temperatur begonnen wurde, ist die Eisschicht glatt und durchsichtig.



Falsch

Wenn die Frostschnitzberechnung zum falschen Zeitpunkt und somit bei einer zu niedrigen Temperatur begonnen wurde, ist die Eisschicht milchig und undurchsichtig, was eine Kühlung durch Verdunstung anzeigt.



Gleichförmigkeit

Die Wirksamkeit der Frostschnitzberechnung hängt von der Gleichförmigkeit ab, mit der die Regner das Wasser über die Fläche verteilen.

- Die Regnerauswahl sollte sehr gut überlegt sein.
- Dabei sind Regnerabstand, Beregnungsrate und Betriebsdruck wichtige Faktoren.
- Die Windbedingungen am Standort sollten sorgfältig analysiert werden.

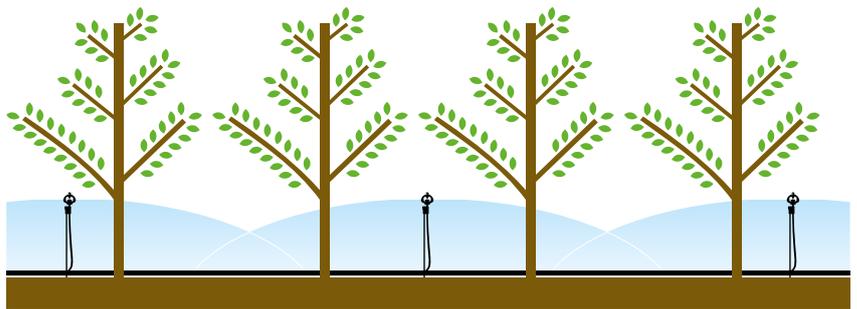
FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG

Unterkronen-Beregnung mit Vollabdeckung

Im Gegensatz zur Überkronen-Beregnung werden bei der Unterkronen-Beregnung die Knospen und Blüten nicht mit durchsichtigem Eis bedeckt.

Das Eis entsteht auf dem Boden unter dem Kronenschluss der Bäume.

Beim Gefrieren des Wassers entsteht Energie mit der die Luft erwärmt wird.



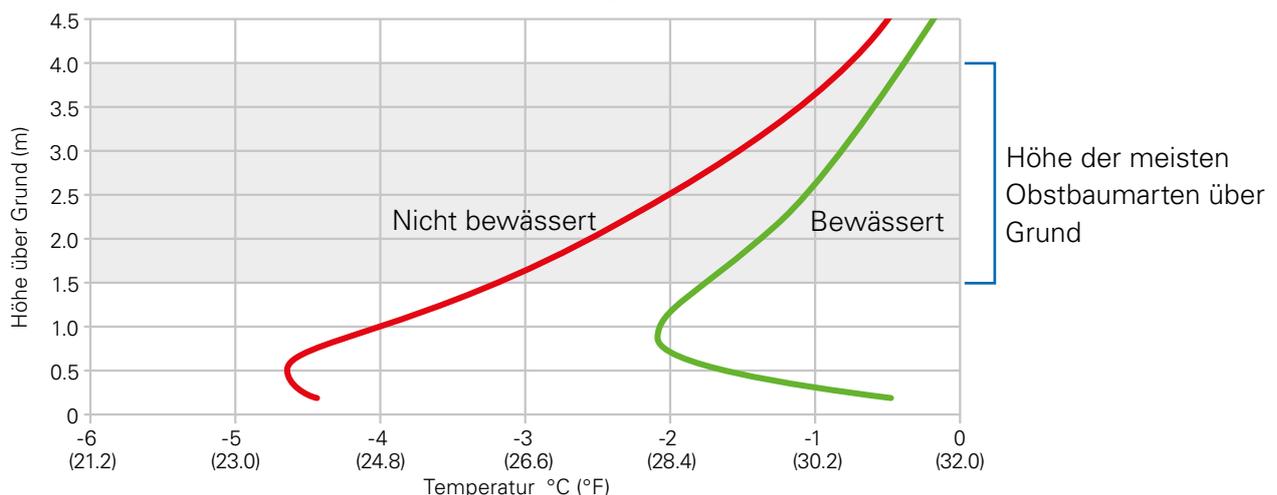
Eigenschaften

- Sorgt für effizienten Frostschutz bis zu -3°C bei einer Regenrate von 3 mm/h.
- Benötigt eine Inversionsschicht.
- Die Frostschutzwirkung ist direkt proportional zur Menge und Temperatur des verteilten Wassers.
- Die Anwendung hängt von der Höhe und Art der Kultur ab.



BEISPIEL

Auswirkung der Unterkronen-Bewässerung



Vorteile

- Sehr niedriger Wasserverbrauch.
- Niedrigere Kosten (mit Automatisierung).
- Umweltfreundlich.
- Je größer die Eisfläche umso besser die Schutzwirkung.
- Intermittierender Pulsbetrieb (max. 3 Schichten, je 2 Minuten).
- Geringe Fehleranfälligkeit.
- Ein einziges System für Bewässerung und Frostschutz.
- Pulsbetrieb führt zu deutlicher Senkung des Wasserverbrauchs.
- Geringer Krankheitsdruck.

Nachteile

- Frostschutzwirkung begrenzt bis maximal -3°C Lufttemperatur.
- Unter windigen Bedingungen verringerte Schutzwirkung.

Unterkronen-Frostschutzbewässerung muss die folgenden Kriterien erfüllen:

- Die gesamte Fläche muss bewässert werden.
- Der Boden sollte bewachsen sein (z.B. Gras), je größer der Bodenbewuchs, desto größer die Oberfläche und somit der Wärmetransfer.
- Das System muss vollautomatisiert sein, mit einer Steuereinheit zum intermittierenden Pulsbetrieb der Beregnungsabschnitte.
- Ein elektronischer Sensor maximal 50 cm über dem Erdboden soll die Lufttemperatur messen.

FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG

Überkronen-Beregnung mit Teilabdeckung

Teilflächenberegnung mit oberhalb der Baumkrone angeordneten Regnern zielt darauf ab, während des Frostes die Erstarrungswärme nur in Nähe der Bäume zu erzeugen und zu halten.

- Spart Wasser.
- Schützt die Knospen und Blüten mit durchsichtigem Eis.
- Die kontinuierliche Eisbildung liefert genug Wärme um Knospen, Blüten oder Früchte über der kritischen Temperatur zu halten.
- Schützt nur die Bäume/Pflanzen, Wege und Durchgänge bleiben trocken.
- Kontinuierliche Bewässerung erforderlich.

Eigenschaften

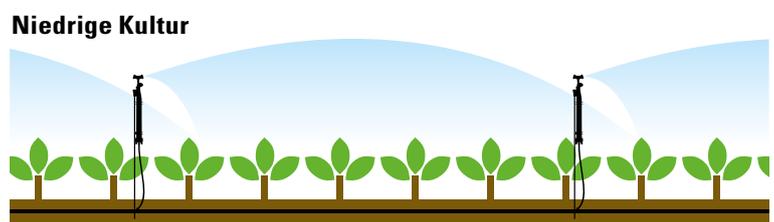
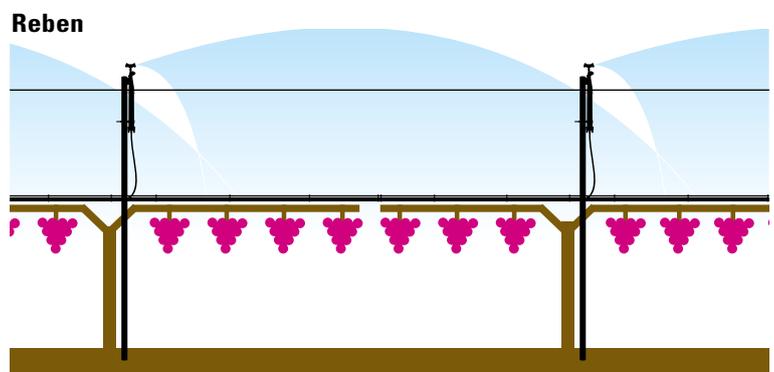
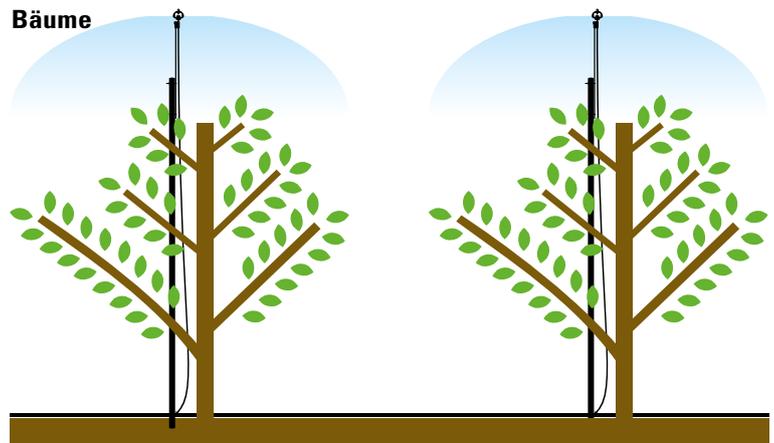
- Sorgt für effizienten Frostschutz bis zu -5°C bei einer Regenrate von 3 mm/h
- Frostschutz bis -8°C ist mit größeren Regenraten möglich.
- Liefert je nach Frostintensität und Entwicklungsstadium der Pflanzen die richtige Wassermenge.
- Bewässert nur die Pflanzen/Bäume.
- Erfordert kontinuierliche Weiterbewässerung während der gesamten Frostdauer.
- Ein zuverlässiger Regner ist erforderlich.
- Besondere Aufmerksamkeit muss der Abkühlung durch Verdunstung geschenkt werden.
- Beenden Sie die Frostschutzberegnung nicht zu früh (Siehe Seite 20: [Wassergabe – ja oder nein?](#)).

Vorteile

- Gegenüber der Beregnung mit Vollabdeckung ergeben sich Wasserersparnisse von 30 – 70 %
- Konzentration der gleichmäßigen Wasserverteilung auf die Kultur/Pflanze.
- Geringer Wasserbedarf.
- Geringer Energieverbrauch.
- Mehr Wasser für die zu schützende Zone – dadurch größere Schutzwirkung.
- Schützt die empfindlichen Bestandteile der Kultur/Pflanze.
- Der Wasserspeicherbedarf ist geringer als bei Überkronen-Beregnung mit Vollabdeckung.
- Intermittierender Pulsbetrieb ermöglicht eine erhebliche Reduzierung des Wasserverbrauchs.

Nachteile

- Risiko durch Verdunstung (bei Wind und niedriger Luftfeuchte).
- Korrektes Ein- und Ausschalten der Frostschutzanlage ist besonders wichtig.
- Das System muss durchgängig für viele Stunden betrieben werden.
- Reduzierte Schutzwirkung bei Wind.
- Erfordert feinere Filtration des Wassers (120 Mesh).



FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG

Wassergabe – ja oder nein?



ACHTUNG

Sie selbst tragen die Verantwortung für die Entscheidung die Wassergabe ein- und auszuschalten.

- Sobald die Wettervorhersage Temperaturen um den Gefrierpunkt meldet, seien Sie bereit Ihr Frostschutzsystem anzuschalten..
- Ziehen Sie die Luftfeuchtigkeit, Taupunkt und Windgeschwindigkeit mit in Ihre Überlegungen ein und seien Sie bereit, die Frostschutzanlage bei etwas höheren Temperaturen (etwa 2°C) einzuschalten.



WARNHINWEIS

Bei einer grenzwertigen Vorhersage – mit trockener Luft, geringem Taupunkt und Windgeschwindigkeiten über 8 km/h – kann durch die Inbetriebnahme der Frostschutzanlage mehr Schaden angerichtet werden als ohne. Unter diesen Bedingungen entstünde eine zusätzliche Schädigung durch Verdunstungskühlung, die über das natürlich auftretende Maß hinaus geht.

Die Entscheidung zum Ein- und Ausschalten der Regner zu Zwecken des Frostschutzes sollte auf Grundlage der Messwerte von Lufttemperatur und Luftfeuchte im Bestand getroffen werden.

Die Temperaturen zum Zeitpunkt des Ein- und Ausschaltens sind von entscheidender Bedeutung. Die Frostschutzregner dürfen nur ein- und ausgeschaltet werden, wenn die Feuchttemperatur oberhalb der pflanzenkritischen Temperatur liegt.

Wann sollte die Bewässerung gestartet werden?

Wenn die Feuchttemperatur den Wert von 0°C erreicht. Es ist sicherer, die Bewässerung bereits bei etwas höheren Temperaturen einzuschalten (2°C).

Wenn das Regnersystem eingeschaltet wird, sinkt die Lufttemperatur aufgrund der Verdunstung bis auf die Feuchttemperatur ab. Dieser natürliche Temperaturabfall wird gefolgt von einem Temperaturanstieg, weil das Wasser auf der Erdoberfläche und an den Pflanzenteilen gefriert und die dabei freiwerdende Wärme die Luft erwärmt.

Wenn jedoch die Taupunkttemperatur sehr niedrig ist, liegt die Feuchttemperatur sehr viel tiefer als die Lufttemperatur und der anfängliche Temperaturabfall kann zu Schäden an den Pflanzenteilen führen.

Jede Situation hat ihre Besonderheiten. Als Faustregel sollte die Frostschutzberechnung beginnen, bevor die Temperatur am Regnerstrahl 2°C erreicht. Liegt jedoch ein besonderes Mikroklima vor, sollte mit der Bewässerung bei etwas höheren Temperaturen begonnen werden.



ACHTUNG

Starten Sie die Bewässerung früh genug, bevor es zu kalt wird und der Regnerauslass einfriert. Wenn dies passiert, funktioniert das System nicht mehr.

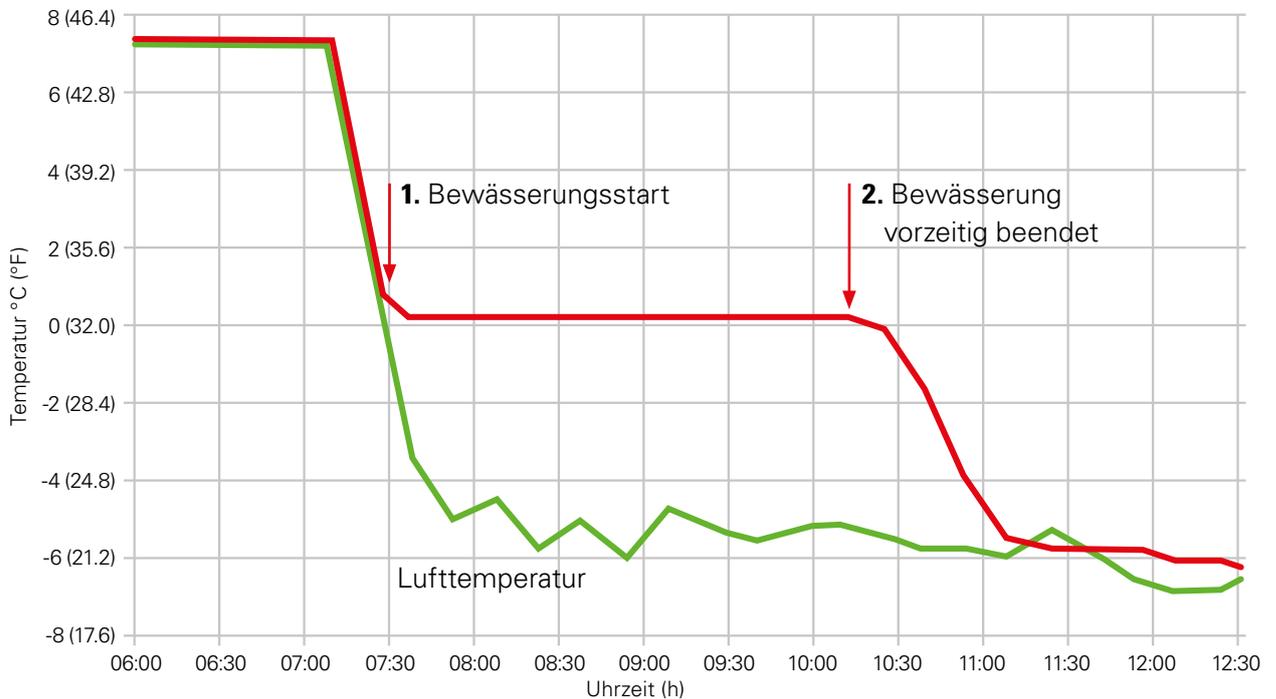
Eine Anlage mit mehreren Pumpen benötigt zum Hochfahren mehr Zeit. Deshalb muss es früh genug in Betrieb genommen werden, um sicherzustellen, dass das System funktionsfähig ist, bevor die Temperatur am Regnerstrahl 2 °C erreicht.

FROSTSCHUTZ DURCH BEWÄSSERUNG



BEISPIEL

Die Wirkungsweise der Überkronen-Beregnung



1. Bewässerungsstart

Die Temperatur wird oberhalb des kritischen Wertes gehalten und die Bäume /Pflanzen werden geschützt.

2. Bewässerung vorzeitig beendet

Mit dem Abschalten der Anlage sinkt die Temperatur auf die Umgebungstemperatur ab und die Bäume /Pflanzen werden nicht mehr geschützt.

Wann sollte die Bewässerung beendet werden?

Überkronen-Beregnung

Erst wenn das gesamte Eis auf den Pflanzen geschmolzen ist, ungeachtet der Temperatur oder der relativen Luftfeuchtigkeit.



WARNUNG

Wird die Bewässerung vor dem Abtauen des gesamten Eises auf der Pflanze ausgeschaltet, wird das verbleibende Eis die Wärme aus der Pflanze entziehen und diese weiter abkühlen. Die Pflanzentemperatur wird unter den kritischen Wert fallen, das Pflanzengewebe nimmt erheblichen Schaden.

Unterkronen-Beregnung

Wenn die angezeigte Trockentemperatur oberhalb des zu schützenden Bereichs liegt.

Selbst wenn die Sonne auf die Pflanzen scheint und die Lufttemperatur oberhalb des Gefrierpunktes (0°C) liegt, sollten die Regner erst ausgeschaltet werden, wenn die Feuchttemperatur oberhalb der kritischen Temperatur liegt.

Wenn kein Vernässungsproblem besteht, lassen Sie zur Sicherheit die Feuchttemperatur über den Gefrierpunkt steigen, bevor Sie die Frostschutzregner ausschalten.

In den meisten Fällen muss mit dem Ausschalten nicht bis zum vollständigen Abtauen des Eises gewartet werden, oft kann das System vor dem kompletten Abtauen bei 1,5 °C bis 3,0 °C abgeschaltet werden.

SYSTEMAUSWAHL

Einleitung

Die korrekte Auswahl eines passenden Frostschutzsystems ist besonders wichtig. Dabei sind wirtschaftliche Aspekte maßgebend. Ziel ist natürlich, die Kultur zu schützen und so eine gleichmäßige Qualität und Quantität der Erträge sicherzustellen. Dazu werden die Investitions- und Betriebskosten mit den potentiellen Verlusten aus vermiedenen Frostschäden verglichen..

Folgende Aspekte sind bei der Auswahl eines passenden Frostschutzsystems zu beachten:

- Wasserverfügbarkeit
- Energieversorgung
- Größe der zu schützenden Fläche
- Die meteorologischen Charakteristika des Standortes
- Die Topographie sowie daraus resultierende mikroklimatische Besonderheiten des Standortes
- Die erwartete Häufigkeit von Frostereignissen
- Die erwartete Dauer von Frostereignissen
- Der Reihen- und Pflanzenabstand sowie der Pflanzendurchmesser (für Teilflächenberegnung)
- Die kritische Temperatur der Pflanzen/Bäume in jedem Entwicklungsstadium

Frostschutzprodukte von Netafim™

Netafim™ bietet eine große Auswahl an Regnern, Mikro-Sprinklern und Mikro-Emitter-Systemen, die sich für einen Einsatz in Frostschutzsystemen eignen, widerstandsfähig gegenüber Verstopfung sind und eine sehr gleichmäßige Wasserverteilung sicherstellen.

MegaNet™

- Vollflächenberegnung
- Steiler (24°) und flacher (15°) Strahlanstieg
- Straßenschutz optional (180° Halbkreis)
- Insektensicher



SuperNet™

- Voll- oder Teilflächenberegnung
- Durchflussreguliert
- Insektensicher



GyroNet™

- Voll- oder Teilflächenberegnung
- Relativ niedriger Betriebsdruck erforderlich
- Insektensicher



SYSTEMAUSWAHL

Pulsar™

Der Pulsar ist ein innovativer, druckkompensierender, pulsierend arbeitender Sprinkler, der relativ geringe Wassermengen gleichmäßig über einer großen Fläche verteilt. Er sorgt für eine kontinuierliche und gleichförmige Bewässerung bei niedrigen Durchflüssen von 8/12/15/20 l/h und nutzt dafür Mikro-Sprinkler, die ursprünglich für größere Durchflussraten entwickelt wurden.

Pulsar™ mit StripNet™

- Durchflussreguliert
- Streifenschutz
- Hocheffizienter Wasserverbrauch



Pulsar™ mit GyroNet™

- Durchflussreguliert
- Voll- oder Teilflächenberegung
- Insektensicher
- Hocheffizienter Wasserverbrauch



Frostie

Eine Steuereinheit für Frostschutzsysteme, welche die Überwachung von Temperatur und Luftfeuchte automatisch durchführt.

Wenn voreingestellte Grenzwerte erreicht werden, sendet das Gerät einen Alarm.

Der Alarmausgang kann über Magnetspule oder Relais erfolgen, dadurch werden Sprüher, Sprinkler oder andere Frostschutzanlagen eingeschaltet.



Weitere Informationen zu Frostschutzprodukten von Netafim™ finden Sie unter:
<http://www.netafim.com/irrigation-products-technical-materials>.

SYSTEMAUSWAHL

Netafim™ bietet eine große Auswahl an Sprühern und Regnern für Voll- und Teilflächenabdeckung

MegaNet™

Nenndurchflussrate (l/h)	Empfohlener Betriebsdruck (bar)	Effektiv benetzter Durchmesser (m)*	
		24D	15D
200	2,0 - 3,0	12,0	14,0
250		13,0	14,0
350		14,0	14,0
450		16,0	14,0
550		17,0	14,0
650		17,0	15,0
750		17,0	16,0

*Der benetzte Durchmesser variiert je nach Aufstellhöhe des Sprinklers über dem Boden/der Pflanze oder dem Baum. Die Zellenhintergrundfarbe zeigt die Farbcodierung der jeweiligen Sprinklerkappen an.

SuperNet™

Nenndurchflussrate (l/h)	Empfohlener Betriebsdruck (bar)	Effektiv benetzter Durchmesser (m)**				
		LR	SR	SRD	SSR	GS
20	1,5 - 4,0	4,5	2,5	1,8		
30		6,0	3,5	1,8	2,0	
35		6,0	3,5	1,8	2,0	
40		6,0	3,5	1,8	2,5	
50		7,0	4,5	1,8		
58		7,0	4,5	1,8		
70		7,0	5,0	1,8		
90	2,0 - 4,0	7,0	5,0	2,0		7,5
110		8,0	6,5	2,0		8,0

GyroNet™

Nenndurchflussrate (l/h)	Empfohlener Betriebsdruck (bar)	Effektiv benetzter Durchmesser (m)**			
		LR	SR	SRD	SSR
27	1,5 - 2,5	4,0	3,5	1,3	2,0
40		5,5	4,5	1,3	2,5
58		7,0	5,0	1,3	3,5
70		7,0	5,5	1,3	4,0
90		7,0	6,0	1,3	
120		8,0	6,5	1,3	
150		8,5	7,0	2,5	
200		9,5	8,5	2,5	
250		10,0	8,5	3,5	
300		11,0	8,5	3,5	

**Der benetzte Durchmesser variiert je nach Aufstellhöhe des Sprinklers über dem Boden / der Pflanze oder dem Baum. Die Zellenhintergrundfarbe zeigt die Farbcodierung der Sprinklerrotoren an.

SYSTEMAUSWAHL

Empfohlene Konfiguration für eine Überkronen-Teilflächenberegnung

Es gibt viele verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten für ein Frostschutzsystem mit Überkronen-Teilflächenberegnung. Die folgende Tabelle enthält die am häufigsten angetroffenen Konfigurationen für verschiedene Baumkronendurchmesser und minimale Durchflussraten.

Für eine Mindestregenhöhe von 3,0 mm/h pro m²

Baumkronendurchmesser (m)	Baumkronenfläche (m ²)	Erforderliche Mindestdurchflussrate (l/h)	Empfohlener Regnerkopf	Berechnete Regenrate (mm/h)
1,0	0,8	2,4	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SSR	4,5
1,5	1,8	5,3	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SSR	4,5
2,0	3,1	9,4	Pulsar™ 12 l/h mit GyroNet™ SSR	3,8
2,5	4,9	14,7	Pulsar™ 15 l/h mit GyroNet™ SRD	3,1
3,0	7,1	21,2	Pulsar™ 20 l/h mit GyroNet™ SRD	2,8
3,5	9,6	28,9	SuperNet™ SR 30 l/h	3,1
4,0	12,6	37,7	SuperNet™ SR 40 l/h	3,2
4,5	15,9	47,7	SuperNet™ SR 50 l/h	3,1
5,0	19,6	58,9	SuperNet™ SR 70 l/h	3,0
5,5	23,8	71,3	GyroNet™ SR 70 l/h	2,9
6,0	28,3	84,8	GyroNet™ SR 90 l/h	3,2



HINWEIS

In vor kurzem durchgeführten Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass ein wirksamer Frostschutz auch mit Regenraten von weniger als 3,0 mm/h möglich ist. Regenraten von 2,5 mm/h oder sogar 2,0 mm/h können ausreichend sein. Eine sorgfältige Auswahl der Regenrate kann zu wesentlichen Einspareffekten führen. So benötigt ein System mit einem Durchfluss von 2,0 l/h 33 % weniger Wasser als ein System mit 3,0 l/h. Weiterhin können durch die niedrigere Durchflussrate auch andere Systemkomponenten – wie zum Beispiel Rohrleitungen, Ventile, Pumpen und Filter – kleiner gewählt werden. Dies wirkt sich positiv auf die Investitionskosten aus.

Für eine Mindestregenhöhe von 2,5 mm/h pro m²

Baumkronendurchmesser (m)	Baumkronenfläche (m ²)	Erforderliche Mindestdurchflussrate (l/h)	Empfohlener Regnerkopf	Berechnete Regenrate (mm/h)
1,0	0,8	2,0	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SSR	4,5
1,5	1,8	4,4	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SSR	4,5
2,0	3,1	7,9	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SRD	2,5
2,5	4,9	12,3	Pulsar™ 15 l/h mit GyroNet™ SRD	3,1
3,0	7,1	17,7	Pulsar™ 20 l/h mit GyroNet™ SRD	2,8
3,5	9,6	24,1	Pulsar™ 25 l/h mit GyroNet™ SSR	2,6
4,0	12,6	31,4	GyroNet™ SR 40 l/h	2,5
4,5	15,9	39,8	GyroNet™ SR 40 l/h	2,5
5,0	19,6	49,1	GyroNet™ SR 58 l/h	3,0
5,5	23,8	59,4	GyroNet™ SR 70 l/h	2,9
6,0	28,3	70,7	GyroNet™ SR 90 l/h	3,2

SYSTEMAUSWAHL

Für eine Mindestregen­höhe von 2,0 mm/h

Baumkronendurchmesser (m)	Baumkronenfläche (m ²)	Erforderliche Mindestdurchflussrate (l/h)	Empfohlener Regnerkopf	Berechnete Regenrate (mm/h)
1,0	0,8	1,6	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SSR	4,5
1,5	1,8	3,5	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SSR	4,5
2,0	3,1	6,3	Pulsar™ 8 l/h mit GyroNet™ SRD	2,5
2,5	4,9	9,8	Pulsar™ 12 l/h mit GyroNet™ SRD	2,4
3,0	7,1	14,1	Pulsar™ 20 l/h mit GyroNet™ SR - UD*	2,1
3,5	9,6	19,2	Pulsar™ 20 l/h mit GyroNet™ SR - UD*	2,1
4,0	12,6	25,1	GyroNet™ SR 40 l/h	2,5
4,5	15,9	31,8	GyroNet™ SR 40 l/h	2,5
5,0	19,6	39,3	GyroNet™ SR 58 l/h	3,0
5,5	23,8	47,5	GyroNet™ SR 70 l/h	2,9
6,0	28,3	56,5	GyroNet™ SR 90 l/h	3,2

*UD = kopfstehende Installation

Empfohlene Regner für eine Teilflächenberechnung von Weinstöcken und Reihenkulturen

Für eine Mindestregen­höhe von 3,0 mm/h

Sprinklerabstand (m)	Benetzte Fläche je Sprinkler (m ²)	Erforderliche Mindestdurchflussrate (l/h)	Empfohlener Regnerkopf	Berechnete Regenrate (mm/h)
5,0	2,5	7,5	Pulsar™ 12 l/h mit StripNet™ 1AN	4,8
6,0	3,0	9,0	Pulsar™ 12 l/h mit StripNet™ 2AN	4,0
7,0	3,5	11,5	Pulsar™ 12 l/h mit StripNet™ 2AN	3,4

Auswahl eines Frostschutzsystems

Mögliche Anlagen:

Überkronen-Beregnung

- Vollabdeckung im Obstbau
- Teilflächenabdeckung im Obstbau
- Vollabdeckung in Reihenkulturen
- Teilflächenabdeckung in Reihenkulturen

Sorgt mit einer Regenrate von 3,0 mm/h für einen wirksamen Frostschutz bis -5°C. Mit einer höheren Regenrate ist eine Schutzwirkung bis -8°C möglich.

Unterkronen-Beregnung

Sorgt mit einer Regenrate von 3,0 mm/h für einen wirksamen Frostschutz bis -3°C.

Weitere Details finden Sie auf Seite 16 unter [Frostschutzsysteme](#).

Einen Vergleich des Wasser- und Energieverbrauchs der verschiedenen Frostschutzmethoden finden Sie auf Seite 31 für den Obstbau sowie auf der Seite 34 für den Weinbau und Reihenkulturen.

SYSTEMAUSWAHL

Berechnungen

Umrechnungsfaktoren und Einheiten

Fläche	1 Hektar (ha) = 10.000 Quadratmeter (m ²)
Länge	1 Millimeter (mm) = 0,001 Meter (m)
Volumen	1 Kubikmeter (m ³) = 1.000 Liter (l)

Druckhöhe	1 bar = 10 Meter (m)
Leistung	1 PS x 0,75 = 1 kW
Radius	= Durchmesser / 2
Pi ()	= 3,14



HINWEIS

Die Berechnungen in den nachfolgenden Beispielen wurden vereinfacht. Die Konstanten wurden gerundet, der Pumpenwirkungsgrad wird mit 74 % angenommen und Druckverluste (für Saugleitung, Ventile, Rohrreibung, Topographie) wurden vernachlässigt, um eine vergleichende Berechnung verschiedener Systeme zu ermöglichen.

Wasser- und Energieversorgung (Strom, Treibstoff) für den Frostschutz

- Die durchschnittliche Dauer eines Frostereignisses beträgt 8 – 10 Stunden.
- Ein zweites Frostereignis kann innerhalb von 24 Stunden nach dem ersten auftreten.
- Die Überkronenberegnung darf während eines Frostereignisses nicht unterbrochen werden.



ACHTUNG

Es ist eine ausreichende Wasser- und Energieversorgung für Schutzmaßnahmen für die gesamte Dauer zweier direkt aufeinanderfolgender Frostereignisse einzuplanen.

Berechnungen für Überkronen- und Unterkronenfrostschutz mit Vollabdeckung

Wählen Sie einen passenden Sprinkler unter Beachtung der folgenden Parameter aus:

Überkronen-Beregnung

- Kultur und kritische Temperaturen in allen Entwicklungsstadien.
- Kenndaten und Grenzen bereits für die Bewässerung installierter Regner und Prüfung ihrer Einsatzfähigkeit in einem Frostschutzsystem.
- Betriebsdruck (bar) des bestehenden Bewässerungssystems und Prüfung der Möglichkeit einer Nutzung der bestehenden Infrastruktur zu Frostschutzzwecken mit speziellen Sprinklern oder durch Anhebung der bestehenden Regner für Perioden in denen Frost angekündigt ist, oder der Erhöhung des Betriebsdrucks (bar) des geplanten Frostschutzsystems.
- Sprinkleranzahl pro Flächeneinheit für eine gleichmäßige Wasserverteilung in der Fläche, welche die erforderliche Beregnungsrate sicherstellt.



WARNHINWEIS

Stellen Sie sicher, dass die erforderliche Wassermenge für eine kontinuierliche Bewässerung während des gesamten Frostereignisses verfügbar ist.

Unterkronen-Beregnung

- Kultur und kritische Temperaturen in allen Entwicklungsstadien.
- Betriebsdruck (bar) des bestehenden Bewässerungssystems und Prüfung der Möglichkeit einer Nutzung der bestehenden Infrastruktur zu Frostschutzzwecken sowie des erforderlichen Betriebsdrucks (bar) des geplanten Frostschutzsystems.
- Optionen einer Automatisierung und Planung von Bewässerungsabschnitten mit maximal 3-Schichten à 2 Minuten.



WARNHINWEIS

Die Steuerschläuche der Ventile müssen entsprechend isoliert sein, um ein Zufrieren während der Aus-Zeiten sicher zu verhindern.

SYSTEMAUSWAHL

- Pflanzendichte und Planung des Systemlayouts des Frostschutzsystems unter Beachtung von Hindernissen.
- Verfügbare freie Höhe unter dem Blätterdach (cm).
- Strahlanstiegswinkel der Sprinkler (Grad) für die Auswahl eines geeigneten Sprinklers, so dass eine Benetzung der Blätter vermieden wird.



BEISPIEL A

Gesamtabdeckung

Gegeben sind

- Mindestregenrate = 3 mm/h pro m²
- Gesamtplantagenfläche 50 ha

Erforderlicher Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie die Fläche von 1 Hektar (in Quadratmeter) mit der minimalen Beregnungsrate (3 mm/h).

$$10.000 \times 0,003 = 30 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

Auswahl eines geeigneten Sprinklers anhand der Tabellen auf Seite 24

In diesem Fall, wird der Sprinkler MegaNet™ mit 450 l/h ausgewählt.

- Sprinklerabstand: 12 x 12 m
- Jeder Regner deckt eine Fläche von 144 m² ab
- Empfohlener Betriebsdruck am Regnerkopf: 2,0 – 3,0 bar



HINWEIS

- Unterkronenberegnung mit dem Sprinkler MegaNet™ 450 l/h bietet bei einer Regenrate von 3 mm/h einen wirkungsvollen Frostschutz bis -3°C. Es existiert eine Unterkronenfrostschutzmethode für Temperaturen unter -3°C.
- Überkronenberegnung mit dem Sprinkler MegaNet™ 450 l/h bietet bei einer Regenrate von 3 mm/h einen wirkungsvollen Frostschutz bis -5°C. Frostschutz bis -8°C kann durch die Auswahl von Netafim™-Sprinklern mit größerer Fließrate oder durch eine Verkürzung des Sprinklerabstandes erreicht werden.

Sprinkleranzahl pro Hektar

Teilen Sie die Fläche von einem Hektar in Quadratmetern (10000 m²) durch die von einem einzelnen Sprinkler abgedeckte Fläche (144 m²)

$$10.000 / 144 = 69 \text{ Sprinkler pro Hektar}$$

Spezifischer Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie den Nenndurchfluss (450 l/h) je Sprinkler mit der Sprinkleranzahl je Hektar (69).

$$69 \times 450 = 31.050 \text{ l/h/ha}$$

Umrechnung des Ergebnisses in m³/h/ha.

$$31.050 / 1000 = 31,05 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

Gesamtwasserbedarf

Multiplizieren Sie den spezifischen Wasserbedarf je Hektar (31.05 m³/h/ha) mit der Gesamtfläche der Plantage in Hektar (50).

$$31,05 \times 500 = 1.552 \text{ m}^3/\text{h}$$

Auswahl einer passenden Pumpe mit einer Förderrate von 1.552 m³/h bei einer Förderhöhe von 25 m (2,5 bar).

Leistungsbedarf (kW)

- Q = Durchflussrate = 1.552 m³/h
- P_h = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 270

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (1,552 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (270).

$$1.552 \times 25 / 270 = 143 \text{ kW}$$

Leistungsbedarf (PS)

- Q = Durchflussrate = 1.552 m³/h
- P_h = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 200

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (1.552 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (200).

$$1.552 \times 25 / 200 = 194 \text{ PS}$$

Berechnung für Überkronen-Frostschutz mit Teilabdeckung

Wählen Sie einen passenden Sprinkler unter Beachtung der folgenden Parameter aus:

- Baumkronendurchmesser
- Berechnete gesamte benetzte Baumkronenfläche
- Berechnete erforderliche Durchflussrate je Baum



HINWEIS

Der Wasser- und Energieverbrauch eines Überkronen-Frostschutzsystems mit Teilabdeckung hängt vom Baumabstand in der Reihe, dem Reihenabstand sowie vom Baumkronendurchmesser ab. Je größer der Baumabstand und je kleiner die Baumkrone sind, desto größer sind die Wasser- und Energieeinsparungen im Vergleich mit einem System mit Vollabdeckung.



HINWEIS

Für Überkronenberechnung kann in einzelnen Fällen ein Sprinkler für zwei nebeneinander stehende Bäume genutzt werden (Ihr Netafim™-Vertragspartner berät Sie hierzu gerne).

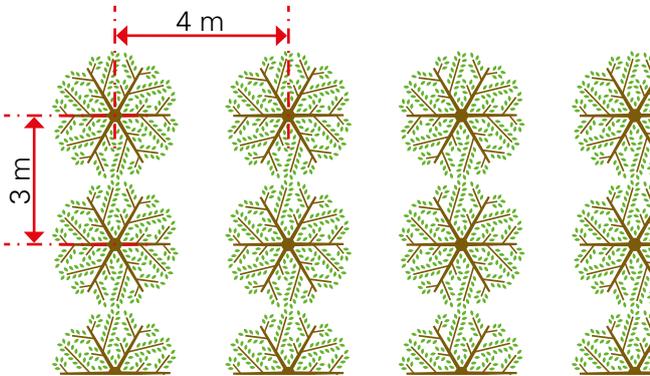


BEISPIEL B

Überkronen-Frostschutz mit Teilabdeckung

Gegeben:

- Minimal erforderliche Beregnungsrate = 3 mm/h/m²
- Baumkronendurchmesser 3 m
- Baumabstand in der Reihe 3 m
- Reihenabstand 4 m
- Plantagengröße 50 ha



HINWEIS

Bei der Berechnung der Beregnungsrate wird jeder Baum als eine separate Fläche betrachtet.

Baumkronenfläche der Bäume

Quadrat des Radius (1,5) multipliziert mit (3,14)

$$1,5^2 \times 3,14 = 7 \text{ m}^2$$

Erforderliche Durchflussrate je Baum

Multiplikation der erforderlichen Beregnungsrate (3 mm/h) mit der Baumkronenfläche (7 m²).

$$7 \times 3 = 21 \text{ l/h}$$

Anzahl der Bäume pro Hektar

Teilen Sie die Fläche von einem Hektar (10.000 m²) durch den Baumabstand in der Reihe (3 m) sowie durch den Reihenabstand (4 m).

$$10.000 / (3 \times 4) = 833 \text{ Bäume je Hektar, ein Sprinkler je Baum}$$

Auswahl eines passenden Sprinklers mit der mindestens erforderlichen Regenrate von 3,0 mm/h aus der Tabelle auf Seite 25

In diesem Fall wird der Sprinkler SuperNet™ SR 30 l/h ausgewählt.

- Die berechnete Regenrate beträgt 4,2 mm/h
- Empfohlener Betriebsdruck: 1,5 bis 4,0 bar am Regnerkopf

Tatsächlicher Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie die Nenndurchflussrate des Sprinklers (30 l/h) mit der Anzahl der Bäume je Hektar (833)

$$30 \times 833 = 24.990 \text{ l/h/ha}$$

Umrechnung des Ergebnisses in m³/h/ha.

$$24.990 / 1000 = 25 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

SYSTEMAUSWAHL

Gesamtwasserbedarf

Multiplizieren Sie den spezifischen Wasserbedarf je Hektar (25 m³/h/ha) mit der Gesamtfläche der Plantage in Hektar (50).

$$25 \times 50 = 1.250 \text{ m}^3/\text{h}$$

Auswahl einer passenden Pumpe mit einer Förderrate von 1.250 m³/h bei einer Förderhöhe von 20 m (2,0 bar).

Leistungsbedarf (kW)

- Q = Durchflussrate = 1.250 m³/h
- P_n = Druckhöhe (m) = 20 m
- C (Konstante) = 270

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (1.250 m³/h) mit der Druckhöhe (20 m) und teilen Sie durch die Konstante (270).

$$1.250 \times 20 / 270 = 93 \text{ kW}$$

Leistungsbedarf (PS)

- Q = Durchflussrate = 1.250 m³/h
- P_n = Druckhöhe (m) = 20 m
- C (Konstante) = 200

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (1.250 m³/h) mit der Druckhöhe (20 m) und teilen Sie durch die Konstante (200).

$$1.250 \times 20 / 200 = 125 \text{ PS}$$



BEISPIEL C

Pulsierender Überkronenfrostschutz mit Teilabdeckung

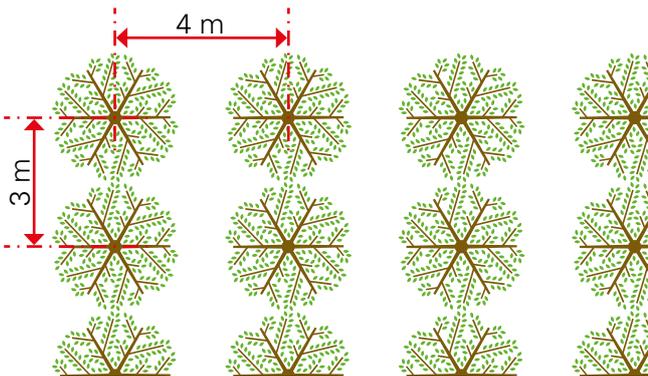


HINWEIS

Der Hauptvorteil einer pulsierenden Bewässerung mit dem Pulsar™ besteht in einem punktgenauen Frostschutz.

Gegeben:

- Minimal erforderliche Beregnungsrate = 3 mm/h/m²
- Baumkronendurchmesser 3 m
- Baumabstand in der Reihe 3 m
- Reihenabstand 4 m
- Plantagengröße 50 ha



HINWEIS

Bei der Berechnung der Beregnungsrate wird jeder Baum als eine separate Fläche betrachtet.

Baumkronenfläche der Bäume

Quadrat des Radius (1,5) multipliziert mit (3,14).

$$1,5^2 \times 3,14 = 7 \text{ m}^2$$

Erforderliche Durchflussrate je Baum

Multiplikation der erforderlichen Beregnungsrate (3 mm/h) mit der Baumkronenfläche (7 m²).

$$7 \times 3 = 21 \text{ l/h}$$

Anzahl der Bäume pro Hektar

Teilen Sie die Fläche von einem Hektar (10.000 m²) durch den Baumabstand in der Reihe (3 m) sowie durch den Reihenabstand (4 m).

$$10.000 / (3 \times 4) = 833 \text{ Bäume je Hektar, ein Sprinkler je Baum}$$

Auswahl eines passenden Sprinklers mit der mindestens erforderlichen Regenrate von 3,0 mm/h/m² aus der Tabelle auf Seite 25

In diesem Fall wird der Sprinkler Pulsar™ 20 l/h mit GyroNet™ SRD ausgewählt.

- Die berechnete Regenrate beträgt 2,8 mm/h
- Empfohlener Betriebsdruck: 2,5 bar am Sprinklerkopf

Tatsächlicher Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie die Nenndurchflussrate des Sprinklers (20 l/h) mit der Anzahl der Bäume je Hektar (833).

$$20 \times 833 = 16.600 \text{ l/h/ha}$$

SYSTEMAUSWAHL

Umrechnung in m³/h/ha.

$$16.600 / 1.000 = 16,6 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

Gesamtwasserbedarf

Multiplizieren Sie den spezifischen Wasserbedarf je Hektar (16,6 m³/h/ha) mit der Gesamtfläche der Plantage in Hektar (50).

$$16,6 \times 50 = 830 \text{ m}^3/\text{h}$$

Auswahl einer passenden Pumpe mit einer Förderrate von 830 m³/h bei einer Förderhöhe von 25 m (2,5 bar).

Leistungsbedarf (kW)

- Q = Durchflussrate = 830 m³/h
- P_n = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 270

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (830 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (270)

$$830 \times 25 / 270 = 77 \text{ kW}$$

Leistungsbedarf (PS)

- Q = Durchflussrate = 830 m³/h
- P_n = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 200

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (830 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (200).

$$830 \times 25 / 200 = 104 \text{ PS}$$

Vergleich der Vollabdeckung und Teilflächenabdeckung im Obstbau

Vergleich des Wasser- und Energieverbrauchs

Die nachfolgende Tabelle stellt die Wasser- und Energieverbräuche der oben berechneten Beispiele gegenüber.

Obstbäume

Beispiel	A - Vollabdeckung	B - Überkronen mit Teilabdeckung		C - Überkronen pulsierend mit Teilabdeckung	
	Verbrauch	Verbrauch	Einsparung*	Verbrauch	Einsparung*
Wasser (m³/h/ha)	31,1	25,0	20%	16,6	47%
Energie (kW)	143,0	93,0	35%	77,0	46%

*im Vergleich zur Vollabdeckung.

Vorteile der Teilabdeckung gegenüber einer Vollabdeckung

- Reduziert den Wasserverbrauch um bis zu 70 % (abhängig vom Baum- und Reihenabstand, Baumkronendurchmesser usw.).
- Auf Grund der kleineren Durchflussraten: Verringerte Infrastrukturkosten für Pumpen, Filter, Rohrleitungen und Ventile.
- Reduziert den Energiebedarf um bis zu 70 % - aufgrund geringerer Pumpenanforderungen.
- Mit derselben Wasser- und Energiemenge bzw. Infrastruktur kann eine größere Anbaufläche mit einem wirkungsvollen Frostschutzsystem ausgestattet werden. Dies ist insbesondere an solchen Standorten wichtig, an denen die Verfügbarkeit von Wasser und Energie begrenzt ist.

Berechnungen für Weinreben und Reihenkulturen mit Vollabdeckung:

Wählen Sie einen passenden Sprinkler unter Beachtung der folgenden Parameter aus:

- Kultur und kritische Temperaturen in allen Entwicklungsstadien.
- Kenndaten und Grenzen bereits für die Bewässerung installierter Regner und Prüfung ihrer Einsatzfähigkeit in einem Frostschutzsystem.
- Betriebsdruck (bar) des bestehenden Bewässerungssystems und Prüfung der Möglichkeit einer Nutzung der bestehenden Infrastruktur zu Frostschutzzwecken mit speziellen Sprinklern oder der Anhebung der bestehenden Regner für Perioden in denen Frost angekündigt ist, oder der Anhebung des Betriebsdrucks (bar) des geplanten Frostschutzsystems.
- Sprinkleranzahl pro Flächeneinheit für eine gleichmäßige Wasserverteilung in der Fläche, die die erforderliche Beregnungsrate sicherstellt..



ACHTUNG

Es ist eine ausreichende Wasser- und Energieversorgung für Schutzmaßnahmen für die gesamte Dauer zweier direkt aufeinanderfolgender Frostereignisse einzuplanen.



BEISPIEL D

Vollabdeckung

Gegeben sind

- Mindestregenrate = 3 mm/h/m²
- Anbaufläche 50 ha

Erforderlicher Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie die Fläche von 1 Hektar (in Quadratmeter) mit der Mindestberegnungsrate (3 mm/h/ m²).

$$10.000 \times 0,003 = 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{ha}$$

Auswahl eines geeigneten Sprinklers anhand der Tabellen auf Seite 24

In diesem Fall, wird der Sprinkler MegaNet™ mit 450 l/h ausgewählt.

- Sprinklerabstand: 12 x 12 m
- Jeder Regner deckt eine Fläche von 144 m² ab
- Empfohlener Betriebsdruck am Regnerkopf: 2,0 - 3,0 bar



HINWEIS

- Überkronenberegnung mit dem Sprinkler MegaNet™ 450 l/h bietet bei einer Regenrate von 3 mm/h einen wirkungsvollen Frostschutz bis -5°C. Frostschutz bis -8°C kann durch die Auswahl von Netafim™-Sprinklern mit größerer Fließrate oder durch eine Verkürzung des Sprinklerabstandes erreicht werden.

Sprinkleranzahl pro Hektar

Teilen Sie die Fläche von einem Hektar in Quadratmetern (10000 m²) durch die von einem einzelnen Sprinkler abgedeckte Fläche (144 m²).

$$10.000/144 = 69 \text{ Sprinkler pro Hektar}$$

Spezifischer Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie den Nenndurchfluss (450 l/h) je Sprinkler mit der Sprinkleranzahl je Hektar (69).

$$69 \times 450 = 31.050 \text{ l}/\text{h}/\text{ha}$$

Umrechnung des Ergebnisses in m³/h/ha.

$$31.050 / 1.000 = 31,05 \text{ m}^3/\text{h}/\text{ha}$$

Gesamtwasserbedarf

Multiplizieren Sie den spezifischen Wasserbedarf je Hektar (31,05 m³/h/ha) mit der Gesamtfläche der Plantage in Hektar (50).

$$31,05 \times 50 = 1.552 \text{ m}^3/\text{h}/50 \text{ ha}$$

Auswahl einer passenden Pumpe mit einer Förderrate von 1552 m³/h bei einer Förderhöhe von 25 m (2,5 bar.)

Leistungsbedarf (kW)

- Q = Durchflussrate = 1.552 m³/h
- P_n = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 270

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (1.552 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (270).

$$1.552 \times 25 / 270 = 143 \text{ kW}$$

Leistungsbedarf (PS)

- Q = Durchflussrate = 1.552 m³/h
- P_n = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 200

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (1.552 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (200).

$$1.552 \times 25 / 200 = 194 \text{ PS}$$

SYSTEMAUSWAHL

Berechnung für Weinreben und Reihenkulturen mit Teilabdeckung



HINWEIS

Der Hauptvorteil einer pulsierenden Bewässerung mit dem Pulsar™ liegt im Präzisionsfrostschutz.

Wählen Sie einen passenden Sprinkler unter Beachtung der folgenden Parameter aus:

- Benetzte Fläche pro Sprinkler
- Berechnete gesamte benetzte Reihenfläche
- Berechnete erforderliche Durchflussrate je Sprinkler



HINWEIS

Der Wasser- und Energieverbrauch eines Frostschutzsystems mit Teilabdeckung im Weinbau und für Reihenkulturen hängt vom Reihenabstand ab. Je größer der Reihenabstand ist, desto größer sind die Wasser- und Energieeinsparungen im Vergleich mit einem System mit Vollabdeckung.

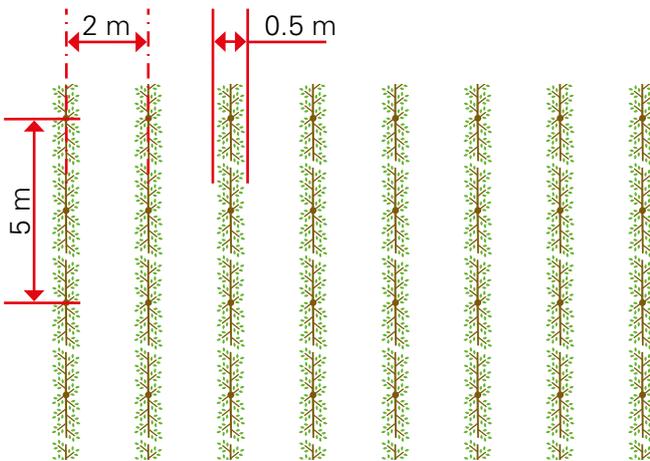


BEISPIEL E

Teilflächenabdeckung

Gegeben:

- Minimal erforderliche Beregnungsrate = 3 mm/h/m²
- Sprinklerabstand in der Reihe 5 m
- Reihenabstand 2 m
- Anbaufläche 50 ha



Berechnete Fläche je Sprinkler

Multiplizieren Sie die Länge der bewässerten Fläche (5 m) mit ihrer Breite (0,5 m).

$$5 \times 0,5 = 2,5 \text{ m}^2$$

Erforderliche Durchflussrate je Sprinkler

Multiplikation der erforderlichen Beregnungsrate (3 mm/h/m²) mit der von einem Sprinkler berechneten Fläche (2,5 m²).

$$3 \times 2,5 = 7,5 \text{ mm/h}$$

Anzahl der Sprinkler pro Hektar

Dividieren Sie die Fläche von einem Hektar (10.000 m²) durch das Produkt aus dem Sprinklerabstand in der Reihe (5 m) und dem Reihenabstand (2 m).

$$10.000 / (5 \times 2) = 1.000 \text{ Sprinkler je Hektar}$$

Auswahl eines passenden Sprinklers für Weinreben und Reihenkulturen mit der mindestens erforderlichen Regenrate von 3,0 mm/h aus der Tabelle auf Seite 26

In diesem Fall wird der Sprinkler Pulsar™ 12 l/h mit dem Emitter StripNet™ 1AN ausgewählt.

- Die berechnete Regenrate beträgt 4,8 mm/h.
- Empfohlener Betriebsdruck: 2,5 bar am Regnerkopf

Tatsächlicher Wasserbedarf pro Hektar

Multiplizieren Sie die Nenndurchflussrate des Sprinklers (12 l/h) mit der Anzahl der Sprinkler je Hektar (1000).

$$12 \times 1.000 = 12.000 \text{ l/h/ha}$$

Umrechnung in m³/h/ha.

$$12.000 / 1.000 = 12 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

Gesamtwasserbedarf

Multiplizieren Sie den spezifischen Wasserbedarf je Hektar (12 m³/h/ha) mit der Gesamtfläche in Hektar (50).

$$12 \times 50 = 600 \text{ m}^3/\text{h}/50 \text{ ha}$$

SYSTEMAUSWAHL

Auswahl einer passenden Pumpe mit einer Förderrate von 600 m³/h bei einer Förderhöhe von 25 m (2,5 bar).

Leistungsbedarf (kW)

- Q = Durchflussrate = 600 m³/h
- P_h = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 270

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (600 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (270)

600 x 25 / 270 = 55,5 kW

Leistungsbedarf (PS)

- Q = Durchflussrate = 600 m³/h
- P_h = Druckhöhe (m) = 25 m
- C (Konstante) = 200

Multiplizieren Sie die Durchflussrate (600 m³/h) mit der Druckhöhe (25 m) und teilen Sie durch die Konstante (200).

600 x 25 / 200 = 75 PS

Vergleich der Vollabdeckung und Teilflächenabdeckung im Weinbau und für Reihenkulturen

Vergleich des Wasser- und Energieverbrauchs

Die nachfolgende Tabelle stellt die Wasser- und Energieverbräuche der beiden oben berechneten Beispiele gegenüber.

Weinreben und Reihenkulturen

Beispiel	D - Vollabdeckung	E - Pulsierende Teilabdeckung der Reihenkultur	
	Verbrauch	Verbrauch	Einsparung*
Wasser (m³/h/ha)	31,1	12,0	61%
Energie (kW)	143,0	55,5	61%

*im Vergleich zur Vollabdeckung

Vorteile der Teilabdeckung gegenüber einer Vollabdeckung

- Reduziert den Wasserverbrauch um bis zu 70 % (abhängig vom Sprinklerabstand, dem Reihenabstand, usw.).
- Auf Grund der kleineren Durchflussraten: verringerte Infrastrukturkosten für Pumpen, Filter, Rohrleitungen und Ventile.
- Reduziert den Energiebedarf um bis zu 70 % - aufgrund geringerer Pumpanforderungen.
- Mit derselben Wasser- und Energiemenge bzw. Infrastruktur kann eine größere Anbaufläche mit einem wirkungsvollen Frostschutzsystem ausgestattet werden. Dies ist insbesondere an solchen Standorten wichtig, an denen die Verfügbarkeit von Wasser und Energie begrenzt ist.

In diesem Kapitel werden Berichte von Frostereignissen, dem jeweils installierten Frostschutzsystem, den Ergebnissen und den Einschätzungen der Anwender vorgestellt.

Die Zeugnisse und Empfehlungen der Erzeuger geben uns das Vertrauen, Frostschutz durch Bewässerung vorbehaltlos zu empfehlen. Es handelt sich hierbei um die effizienteste und günstigste derzeit verfügbare Frostschutzmethode.

Gerne würden wir auch Ihren Erfolgsbericht lesen. Erzeuger mit einem Frostschutzbewässerungssystem aus dem Hause Netafim™ sowie Handelsvertreter Netafims™ weltweit sind dazu eingeladen, ihre Berichte an Dany.Feinberg@netafim.com zu senden.

Diese können dann in der nächsten Ausgabe dieses Handbuchs veröffentlicht werden.

Fallstudie 1

Stengaarden, Dänemark

Standortbeschreibung

- Baumschule für Weihnachtsbäume
- 4 ha Fläche
- GyroNet™ Turbo 250 l/h
- Überkronenberegnung

Frostereignis

Das Frostereignis begann gegen 4:00 Uhr morgens. Minimaltemperatur im Feld: -5°C. Die Frostdauer betrug 6 Stunden. In diesem Frühjahr traten 3 Frostereignisse auf.

Frostschutz

Der Erzeuger bevorzugte für den Frostschutz ein Beregnungssystem aus dem einfachen Grund, dass dieses auch im Sommer zur Kühlung von Erdbeeren eingesetzt werden kann.

Entsprechend der Empfehlung des örtlichen Netafim™ Handelsvertreters entschied er sich für GyroNet™ Turbo 250 l/h.

Lösung

GyroNet™ Turbo 250 l/h, Abstand 6 x 7 Meter, insgesamt 1000 Sprinkler, halbautomatische Bedienung mit einem Ventil je Hektar, Durchflussrate 60 m³/h, Steuerung durch Miracle Plus Programm, Steuerung 4 Minuten pro Ventil im kontinuierlichen Zyklus

Ergebnisse

Die Frostschäden konnten auf ein Minimum (3 bis 5 %) reduziert werden. Der Erzeuger ist mit seiner Investition zufrieden.

Schlussfolgerung

Der Erzeuger bestätigt: ein wirkungsvolles Frostschutzsystem mit einfacher Steuerung.



Fallstudie 2

Gärtnerei Annton, Cambridge, Neuseeland

Standortbeschreibung

Gärtnerei und Baumschule
SuperNet™ GS 110 l/h
Überkronenberegnung

Frostereignis

Der Betrieb wurde in den letzten 6 Jahren von zahlreichen Frostereignissen heimgesucht, einschließlich eines Frostes mit -4°C im Juni 2015.

Frostschutz

Treibhaus in integrierter Vermehrungs- und Anzuchtstation

Steuerung durch eine Bewässerungssteuereinheit NMC in Verbindung mit der Steuereinheit NMC Junior für Frostschutz.

Frosterfassung – ein Mist Guard befindet sich im Freigelände und die Steuereinheit NMC Junior reagiert auf dessen Signal mit einem installierten Programm.

2 Zonen werden abwechselnd für jeweils 1 Minute bis zum Ende des Frosts beregnet.

Lösung

SuperNet™ GS 110 l/h auf einem 1,2 m Stab

Abstand: 4 x 4 m

Beregnungsrate: 6 mm/h (im Mittel)

Ergebnisse und Schlussfolgerung

Der Gärtnereihinhaber ist sehr zufrieden mit der Schutzwirkung, die durch dieses erfolgreiche Frostschutzsystem erzielt wird.



Fallstudie 3

Voivodina, Serbien

Standortbeschreibung

Apfelplantage
120 ha Gesamtfläche
SuperNet™ LR 20 l/h
Unterkronenberegnung

Frostereignis

Das Frostereignis begann um 1:00 Uhr in der Nacht.
Die Minimaltemperatur während des Frostes betrug -3°C .
Die Frostdauer betrug 5 Stunden.
Nachtfröste treten sporadisch auf.

Frostschutz

Der örtliche Netafim™-Handelsvertreter empfahl auf Grund der begrenzten Wasserverfügbarkeit den Einsatz des Sprinklers SuperNet™ LR 20 l/h.

Schlussfolgerung

Der Erzeuger ist mit den Ergebnissen zufrieden.



Fallstudie 4

Bredemosegaard, Dänemark

Standortbeschreibung

Kirschplantage
6 ha Gesamtfläche
MegaNet™ 24D 200 und 250 l/h
Anordnung über dem Baumkonendach

Frostereignis

Der Frost begann um 4:00 Uhr morgens.
Minimaltemperatur im Feld: -5°C.
Die Frostdauer betrug 6 Stunden.
In 2015 traten insgesamt 4 Spätfrostereignisse bis -5°C auf.

Frostschutz

Der Erzeuger entschied sich für eine Frostschutz-
beregung – eine Pumpe und eine ausreichende
Wasserversorgung waren bereits vorhanden.
Aufgrund seiner geringeren Kosten im Vergleich zu
Kreisschlagregnern aus Metall entschied man sich
für den Sprinkler MegaNet™.

Lösung

MegaNet™ 24D 200 und 250 l/h, Abstand 8 x 10
m, Betrieb in einer Schicht, Manuelle Bedienung,
Durchflussrate 165 m³/h

Ergebnisse und Schlussfolgerung

Nach erfolgreichem Probetrieb in den Jahren
2011 und 2012 wurde die gesamte Fläche mit
MegaNet™ Sprinklern ausgerüstet. Die manuelle
Steuerung beinhaltet das Zugeständnis, dass
ein begrenzter Frostschaden eintreten wird. Der
Erzeuger berichtet, dass sich das System innerhalb
von zwei Jahren amortisiert hat und die Investition
somit erfolgreich war.

Dieses Projekt zeigt auf, dass man bezogen auf
die Beregnungsrate und auf eine automatische
Steuerung keine Kompromisse eingehen darf.



Fallstudie 5

Hoogland, Südafrika

Standortbeschreibung

Apfel- und Birnenplantage
30 ha Fläche
980 m über dem Meeresspiegel
MegaNet™ 24D 200 und 250 l/h
auf 4 bis 5 m Reihen,
Anordnung oberhalb der Baumkrone.
SuperNet™ 70 l/h auf 3 bis 4 m
Reihenabstand.

Frostereignis

Das Frostereignis begann zwischen 22:00 Uhr
abends und 2:00 Uhr nachts.
Die Minimaltemperatur betrug -3°C.
Die Frostdauer betrug 9 Stunden.
Pro Jahr treten 4 bis 5 Frostereignisse auf.

Frostschutz

Der Erzeuger gab einem Frostschutzsystem durch
Beregnung den Vorzug, weil andere Methoden zu
teuer und weniger wirkungsvoll sind. Die Auswahl
erfolgte auf Empfehlung des örtlichen Netafim™-
Handelsvertreters.

Lösung

Bei einem Absinken der Temperatur auf 2,5°C
wurden die Arbeiter in die Plantage geschickt.
Das System wurde mit Absinken der Temperatur
auf 2,0°C in Betrieb genommen. Das Einschalten
erfolgte manuell um sicher zu stellen, dass das
System ordentlich funktioniert. Das System wurde
bis zum vollständigen Abschmelzen des gesamten
Eises betrieben.

Durchflussrate: 20 m³/ha.

Gesamtwasserbedarf an der Pumpstation:

30 ha x 20 m³/h/ha = 600 m³/h

Eine Schicht für die gesamte Fläche.

Ergebnisse

Ohne Frostschutz kann je nach Zeitpunkt des Frostes der Obstertrag für den Export um 60 % bis 100 % einbrechen. In diesem Fall wird das Obst zu Saft verarbeitet. Das Frostschutzsystem vermeidet Verluste in Höhe von 80 bis 100 Tonnen Ertrag in Exportqualität und sichert einen höheren Gewinn.

Schlussfolgerung

Der Erzeuger stellt fest, dass eine Überkronen-Beregnung einen wirkungsvollen Frostschutz bietet. Jedoch sind die Wasserressourcen und somit die Expansionsmöglichkeiten am Standort begrenzt.



Fallstudie 6

Mazaleon, Teruel, Spanien

Standortbeschreibung

Pfirsichplantage
2 ha Fläche
GyroNet™ LR 70 l/h
Anordnung oberhalb der Baumkronen

Frostereignis

Das Frostereignis begann am 19. Mai 2009 um 1:00 Uhr nachts.
Die Plantage befand sich im Vegetationsstadium F (Blüte).
Die kritische Temperatur während dieser Phase beträgt -3°C .
Minimaltemperatur während des Frostes: -5°C .
Der Frost dauerte 6 Stunden.
In der Saison traten 3 Frostereignisse auf.

Frostschutz

Ein Mikrosprinklersystem wurde auf Grund seines bis zu 50 % geringeren Wasserbedarfs ausgewählt.

Lösung

GyroNet™ LR 70 l/h, Abstand 6×4 m, Installation der Sprinkler auf 4 m hohen Holzpfosten über der Baummitte: Betriebsdruck: 2,5 bar.
Beregnungsintensität: 4 mm/h während des gesamten Frostereignisses.

Die auf die Bäume begrenzte Beregnung schützt Blätter und Blüten, hält Bodenoberfläche und Wege trocken und hat dadurch einen deutlich niedrigeren Wasserverbrauch.

Ergebnisse

Mithilfe des Frostschutzsystems konnten 30 Tonnen Obst mit einem Preis von 2 € pro kg geerntet werden. Die Bruttomarge betrug 60.000 €. Ohne Frostschutzsystem wäre die Bruttomarge negativ gewesen.

Schlussfolgerung

Für einen wirksamen Erwärmungsprozess muss das entstehende Eis durchsichtig sein.
Der Erzeuger ist mit den Ergebnissen sehr zufrieden.



Fallstudie 7

Vester Vedsted, Dänemark

Standortbeschreibung

Weinberg
4 ha Fläche
Pulsar™ 12 l/h mit Aufsatz StripNet™
Reihen-Überkronenberegnung

Frostereignisse

Das System wurde im Winter 2015 installiert und sollte im nachfolgenden Frühjahr zu Zwecken des Frostschutzes in Betrieb gehen.

Am 20. April trat unerwartet das erste Frostereignis auf und die Steuereinheit startete die Anlage um 5:00 Uhr morgens automatisch, bei einer Lufttemperatur von -3°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30 %.

Insgesamt wurden im ersten Jahr 3 Frostereignisse beobachtet, die jeweils für etwa 5 Stunden andauerten.

Frostschutz

Die Auswahl des Pulsar™ 12 l/h mit dem Aufsatz StripNet™ erfolgte aus zwei Gründen:

1. Andere Methoden wie zum Beispiel das Verbrennen von Autoreifen oder Heizlüfter waren zu arbeitsaufwendig und brachten nicht die erhofften Ergebnisse.
2. Jedes andere System hätte einen höheren Wasserbedarf und damit höhere Investitionskosten zur Folge.

Lösung

Pulsar™ 12 l/h mit Aufsatz StripNet™ mit einem Abstand von 4 m in der Reihe. Gleichzeitiger Betrieb von 2.500 Sprinklern in einer Schicht.

Ergebnisse und Schlussfolgerung

Am 21. April rief der Winzer den örtlichen Netafim™ Händler an und teilte mit, dass dies seine beste Investition der vergangenen Jahre war! Er gab den Hinweis, dass Netafim™ für das System einen höheren Preis verlangen sollte.

Nach drei Frostereignissen zeigten sich folgende Ergebnisse: Nahezu keine Frostschäden im Weinberg, während andere Winzer aus der Gegend Ertragseinbrüche von 20 % - 100 % zu beklagen hatten.



SYSTEMBEISPIELE WELTWEIT

Auf Grund ihrer Effizienz und Wirtschaftlichkeit werden Frostschutzsysteme von Netafim™ weltweit immer beliebter.

In diesem Kapitel werden Frostschutzanlagen aus dem Hause Netafim™ vorgestellt, die in unterschiedlichen Ländern ihren Dienst verrichten.

Standort 1

Casablanca Valley, Chile

Standortbeschreibung

- Weinberg
- Insgesamt 70 ha Fläche
- Davon 5,7 ha mit Frostschutz durch Bewässerung
- Pulsar™ 12 l/h mit Aufsatz StripNet™

Frostschutzsystem

Der Großteil des Weinberges wird durch Windtürme vor Frost geschützt, jedoch erreichen diese Windtürme nicht alle Flächen. An diesen Stellen entschied man sich für ein Frostschutzsystem durch Bewässerung.

Entsprechend den Empfehlungen des Netafim™-Technikberaters entschied man sich für den Pulsar™ 12 l/h mit dem Emitter StripNet™.



Standort 2

Frankreich

Standortbeschreibung

- Kiwi
- 2,5 ha Fläche
- SuperNet™ UD SR 35 l/h
- 5 x 3 m unterhalb der Krone zur Bewässerung
- SuperNet™ SR 70 l/h
- 5 x 4 m unterhalb der Krone zum Frostschutz

Frostschutzsystem

Das Frostschutzsystem durch Bewässerung wurde nach einem Preisvergleich mit Windtürmen ausgewählt, welche sich als zu kostspielig herausstellten.

Die Auswahl des SuperNet™ SR 70 l/s erfolgte aufgrund seiner relativ niedrigen Durchflussrate.

SYSTEMBEISPIELE WELTWEIT

Standort 3

Italien

Standortbeschreibung

- Aprikose und Pfirsich
- 9,0 ha Fläche
- SuperNet™ LR 50 l/h
- 30 cm über dem Erdboden, alle 2 m

Frostschutzsystem

Das Frostschutzsystem durch Bewässerung wurde gewählt aufgrund des niedrigeren Preises sowie der höheren Schutzwirkung für Obstbäume im Vergleich zu anderen Methoden.

Hauptgründe für die Wahl des SuperNet™ waren die Druckausgleichsfunktion und die hohe Wasserverteilgenauigkeit.



Standort 4

Frankreich

Standortbeschreibung

- Kiwi im Bioanbau
- 8 ha Fläche
- SuperNet™ LR 40 l/h
- 5 x 3 m
- UD, unter der Krone zur Bewässerung
- UR, über der Krone zum Frostschutz

Frostschutzsystem

Das Frostschutzsystem durch Bewässerung wurde nach einem Preisvergleich mit Windtürmen ausgewählt, welche sich als zu teuer herausstellten.

Die Auswahl des SuperNet™ LR 40 l/s erfolgte aufgrund seiner relativ niedrigen Durchflussrate.

Weiterführende Informationen

Dieser Anhang enthält Verweise auf empfohlene weiterführende Dokumente, in dem die verschiedenen Aspekte in noch größerem Detail diskutiert werden.

Diese können wie folgt heruntergeladen werden:

<http://www.netafim.com/irrigation-products-technical-materials>

Frostschäden vermeiden

In vielen Regionen weltweit ist der Frostschutz fester Bestandteil erfolgreicher Anbausysteme. Dieses Handbuch enthält grundlegende Daten und Erläuterungen zum Umgang mit Frost und Frostschutzmethoden. Dieses Handbuch erklärt anhand von Fachbeiträgen die Wirkmechanismen und Grundbegriffe des Phänomens Frost und zeigt Lösungsmöglichkeiten auf. Zahlreiche weitere Fachbeiträge und Datenbanken enthalten weitere Informationen und Erläuterungen. Aus diesem großen Fundus an Material haben wir eine Auswahl getroffen, und werden zur Erweiterung der Wissensbasis auch zukünftig weitere Publikationen zu diesem Thema erstellen.

Microsprinkler, Mikro-Emitter – Produktkatalog

Die folgende Katalogauflistung enthält die Stammdaten und Informationen zu jedem Produkt.

1. Druckkompensierende Microsprinkler und Micro-Emitter.
2. Microsprinkler und Micro-Emitter.
3. Standvorrichtungen und Zubehörteile für Micro-Sprinkler Micro-Emitter.
4. Microsprinkler für Gärtnereien und Pflanzschulen.
5. Microsprinkler und Micro-Emitter für geschützte Kulturen.
6. Zubehörteile für kopfüber installierte Microsprinkler und Micro-Emitter.
7. Sprinkler und Midi-Sprinkler.
8. Standvorrichtungen und Zubehörteile für Sprinkler.
9. Schläuche und Microschläuche, Zubehörteile.
10. Werkzeuge.

IHR NETAFIM-PARTNER:

NETAFIM DEUTSCHLAND GMBH
IM FUCHSLOCH 7 · 60437 FRANKFURT AM MAIN
TEL. 0 61 01- 50 51- 0 · FAX 0 61 01- 50 51 10 · INFO@NETAFIM.DE
WWW.NETAFIM.DE

