



Bild: M. Messerli, Kirchdorf

# Massnahmen gegen Frost

Obstkulturen können durch Spätfröste schwer geschädigt werden. Nur mittels ausreichender Kenntnisse über die Frostenstehung sowie einer sorgfältigen Planung und Situationsanalyse, kann das betriebswirtschaftliche Risiko eingeschätzt, respektive verringert werden.

Die Entstehung von Frost kann prinzipiell auf drei Arten erklärt werden: Strahlung, Strömung und Verdunstung. Alle drei Arten kommen meist vermischt vor, wobei Wetterlage und Topografie bestimmen, welcher Mechanismus dominiert.

Die effektivste Vorsorge gegen Frost ist und bleibt die Standortwahl sowie die Auswahl der geeigneten Obstart und Sorte. Lage und Exposition der Parzelle begünstigen die eine oder die andere Frostart und sind damit wichtig für die Planung von Präventionsmassnahmen. Schliesslich ist eine umfassende Einschätzung der Situation wichtig, von Anbausystem über Obstart und Betriebsstruktur bis zu Vorlieben und Investitionsmöglichkeiten des Betriebes, um die Frostbekämpfung erfolgreich zu planen.

Alle Temperaturangaben in diesem Dokument sind als Richtgrössen zu verstehen! Die Entstehung von Frost ist vielfältig, komplex und hängt wesentlich von der jeweiligen Situation ab. Die Werte der normalen Lufttemperaturmessungen sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren.

## Trockentemperatur

Lufttemperatur, die weder von Sonnenstrahlung noch von Bodenwärme oder Wärmeleitung beeinflusst ist. Sie wird standardmässig in 2 m Höhe gemessen. Für die Frostbekämpfung wäre aber die Messung der Feuchttemperatur auf 70 cm Höhe sinnvoller.

## Feuchttemperatur

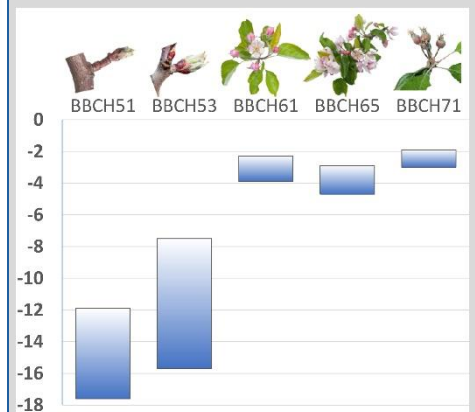
Tiefste Temperatur, die sich durch Verdunstungskühlung erreichen lässt. Sie bildet annähernd die Temperatur der feuchten Knospe ab. Zur Messung wird das Thermometer z. B. mit feuchtem Stoff umwickelt. Streng genommen muss es zusätzlich belüftet sein, um die maximale Verdunstung zu erreichen.

Quelle: Dr. Köpcke

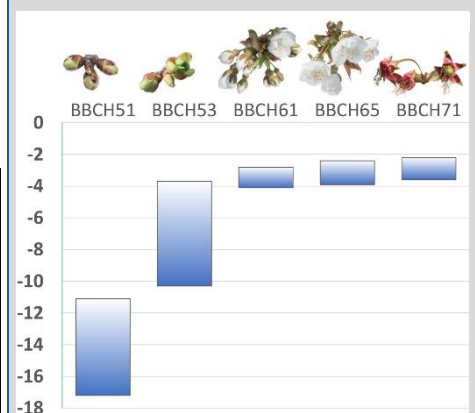
## Frostanfälligkeit

Spätfrostschäden können an Blüten und jungen Früchten je nach Obstart, Sorte und Entwicklungsstadium bereits ab 0° C auftreten. Wo genau dabei die Grenzen liegen, kann deshalb nicht eindeutig gesagt werden. Die folgenden Grafiken widerspiegeln also keine exakten Werte. Sie zeigen vielmehr kritische Temperaturbereiche an, bei welchen in Erhebungen zwischen 10 % und 90 % der Blüten oder jungen Früchte durch Frost geschädigt wurden.

In den Grafiken ist deutlich zu sehen, dass die Frostanfälligkeit beim Austrieb deutlich tiefer ist, als bei Blüten oder jungen Früchten.



**Apfel:** Frosttemperaturen bei denen zwischen 10% und 90% der Organe geschädigt werden. (Quelle: Frost Protection, FAO 2005)



**Kirsche:** Frosttemperaturen bei denen zwischen 10 % und 90 % der Organe geschädigt werden. (Quelle: Frost Protection, FAO 2005)

## Wichtig!

Richtwerte der Frostschutzmassnahmen in Grad Celsius können nicht addiert werden! Die Massnahmen können kombiniert werden, was die Wirkung verbessert. Eine Summe der Richtwerte zu bilden wäre jedoch trügerisch.



Werden Anlagen mit Folie abgedeckt, kann warme Luft zurückgehalten werden. Zusätzlich wird die Ein- und Abstrahlung verringert.

## Massnahmen vor Frostereignissen

**Standortwahl:** Obstanlagen nicht in Senken oder in Mulden erstellen, da sich die kalte Luft dort sammelt.

**Gras kurzhalten:** Wird Gras kurz gehalten kann Boden die Einstrahlung besser aufnehmen und in der Folge mehr Wärme abgeben. Temperaturgewinn 1-2° C.

**Folie oder Vlies:** Vom Boden aufsteigende warme Luft wird zurückgehalten. Temperaturgewinn mit Folie 1-3° C. Bei 1-lagigem Vlies 1-2° C und bei 2-lagigem Vlies 3-4° C.

**Bewässerung Boden:** Erhöhung des Wärmespeichers. Förderung der Wärmeabgabe aus dem Boden. Bewässerung mind. 24 Stunden vor der Frostnacht durchführen.

### Nicht empfohlene Massnahme

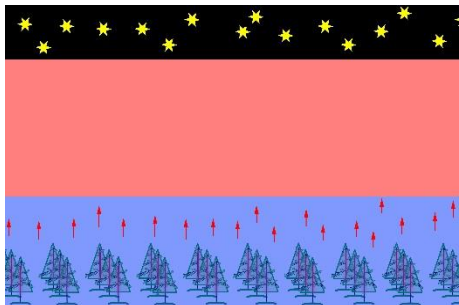
Hagelnetze halten Bodenwärme nicht zurück. Sie verringern tagsüber zusätzlich durch Beschattung die Erwärmung des Bodens und der Kulturen. Bringen Sie die Hagelnetze darum nicht in Schutzstellung!

## Frostarten und geeignete, direkte Massnahmen

### Strahlungsfrost (Inversion)



In sternklaren Nächten wird die von der Erde abgestrahlte Wärme nicht von Wolken zurückgestrahlt. Sofern es kaum Wind hat, bilden sich besonders in Mulden und Talanlagen Kaltluftseen. Über der kalten Luftschicht ist bei Inversionslagen jedoch wärmere Luft vorhanden.



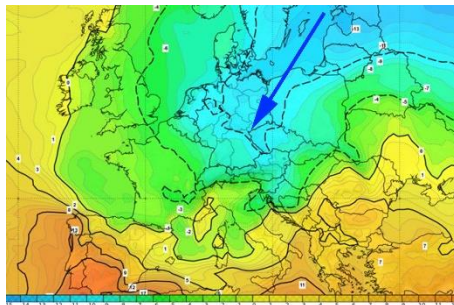
#### Massnahmen in der Frostnacht

- Überkronenberegnung
- Unterkronenberegnung
- Vermischung von Luftschichten mit Hilfe von Windmaschinen
- Heizen in Kombination mit Folienabdeckung

### Strömungsfrost (Advektion)



Über Zufuhr von polarer Kaltluft kühlen sich alle Luftschichten ab. Weil die oberen Luftschichten ebenfalls kalt sind, ist diese Frostart äusserst schwierig zu bekämpfen! Um Kulturen vor Frost zu schützen sind grosse Energiemengen notwendig.



#### Massnahmen in der Frostnacht

- Überkronenberegnung
- Heizen in Kombination mit Folienabdeckung

### Verdunstungskälte

Wenn Pflanzenteile zusätzlich feucht sind, kommt es durch Verdunstung zu einer weiteren Abkühlung. Dieser Effekt ist besonders bei tiefer relativer Luftfeuchtigkeit und bei Wind von Bedeutung. Die Pflanzentemperatur kann dadurch um bis zu 4°C abgesenkt werden!



Aus diesem Grund muss bei der Beurteilung der Frostgefahr immer die Feuchttemperatur gemessen werden, da diese Messwerte besser die Temperatur widerspiegeln, welcher die Pflanzenorgane ausgesetzt sind.

## Überkronenberegung

Wasser gibt beim Gefrieren Wärme an seine Umgebung ab. Durch das unmittelbar an den Pflanzen gefrierende Wasser kommt die Wärme den Pflanzenteilen zugute. Die Anlage muss eingeschaltet werden, bevor die Feuchttemperatur die kritische Pflanzentemperatur unterschreitet. Zum Beispiel bei aufblühenden Apfelblüten, die erste Schäden ab  $-0.5^{\circ}\text{C}$  erleiden, muss die Überkronenbewässerung bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 % bei der Trockentemperatur  $0^{\circ}\text{C}$  eingeschaltet werden. Wenn die rel. Luftfeuchtigkeit 65 % beträgt muss die Anlage bereits bei  $1^{\circ}\text{C}$  Trockentemperatur eingeschaltet werden, weil es bei tiefer relativer Luftfeuchtigkeit zu grösserer Verdunstungskühlung kommt.

**Zu beachten:** Bereits bei geringen Windgeschwindigkeiten ist bei der Beregnung Vorsicht geboten, denn durch die erhöhte Verdunstung kann es zu Kühleffekten und damit verbundener Schädigung der Pflanzenorgane kommen. Abschalten am Morgen erst wenn die Lufttemperatur die Nullgradgrenze deutlich erreicht hat. Zu erkennen, wenn das Eis auf den Pflanzen milchig und brüchig wird und unter dem Eis Wasser gebildet wird. Wasservorrat für 10 Stunden Beregnung pro Hektar:  $350-400\text{ m}^3$  ( $35-40\text{ m}^3/\text{h}$ ).



Wirkung: ■■■■■■

Kosten: ■■■□□



## Heizen (Frostkerzen)

Die Luft wird durch eine Heizquelle (Feuer) erwärmt. Weissblecheimer mit 6 l Paraffin werden in der Anlage vor der Frostnacht verteilt und vor unterschreiten der kritischen Temperatur mit einem Bunsenbrenner angezündet. Bei  $-4^{\circ}\text{C}$  werden 300-350 Kerzen/ha benötigt. Die Brenndauer ist gemäss Hersteller ca. 8 Stunden. Neue Paraffinkerzen brennen unter Praxisbedingungen allerdings häufig kürzer (6-7 Stunden). → Ein Satz pro Nacht reicht nicht immer!

**Zu beachten:** Wirkung in Kombination mit Foliendach oder im Tunnel am grössten, da aufsteigende Wärme teilweise zurückgehalten wird. Ohne Foliendach Wirkung nur unmittelbar bei den Bäumen direkt neben den Wärmequellen oder bei Strahlungsfrost wenn durch den Aufstieg der warmen Luft eine Konvektion (Wärmeströmung) zu den wärmeren Luftschichten über der Anlage stattfindet.

Alternativen im Notfall: Hartholzschnitzelhaufen oder Holzpellets. Die Haufen brennen aber nicht regelmässig ab und nur bis zu drei Stunden. → Intensive «Betreuung» notwendig. Teils starke Rauchentwicklung (→ Verschmutzung Folie) und Funkenflug!



im Tunnel

Wirkung: ■■■□□

Kosten: ■■■■■■



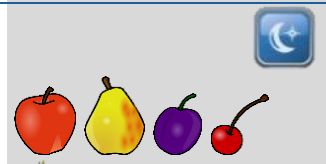
## Luftumwälzung (Wind- und Gebläsemaschinen)

mobile Windmaschine, Frostguard, Frostbuster

Umwälzung der Luftschichten und bei Frostguard und Frostbuster zusätzlich Erwärmung der Luft. Durch Umwälzung der Luftschichten gelangt warme Luft aus höheren Schichten in die Anlage. Aufstellen des Frostgebläses (Frostguard) oder der mobilen Windmaschine in der Anlage. Beim mobilen Frostbuster muss die Temperatur bei zu schützenden Pflanzen gemäss Hersteller alle 10 Minuten erhöht werden.

**Zu beachten:** Einsatz wird ausschliesslich bei Strahlungsfrost (Inversionslagen) empfohlen. Bei geringer Luftfeuchtigkeit oder feuchten Pflanzen kann durch zusätzliche Luftbewegung die Verdunstung der Pflanzen und dadurch die Frostgefährdung erhöht werden!

(Geringe Heizleistung von Frostguard hat bei Advektionsfrost nur in gedeckten Anlagen (Folientunneln / Foliendach) eine potentielle Wirkung.)



im Tunnel

Wirkung: ■■□□□

Kosten: ■■□□□



Empfohlen bei Strahlungsfrost



Empfohlen bei Advektionsfrost



Apfelkulturen



Birnenkulturen



Zwetschgenkulturen

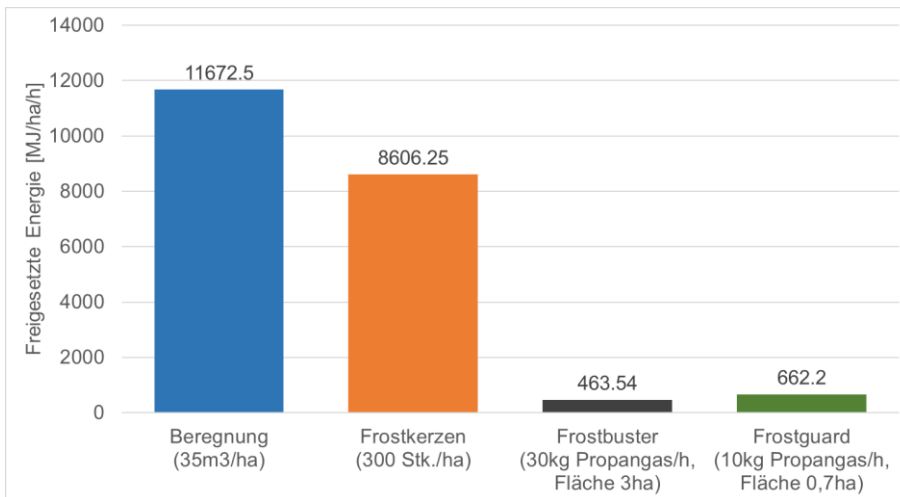


Kirschenkulturen



Beerenkulturen

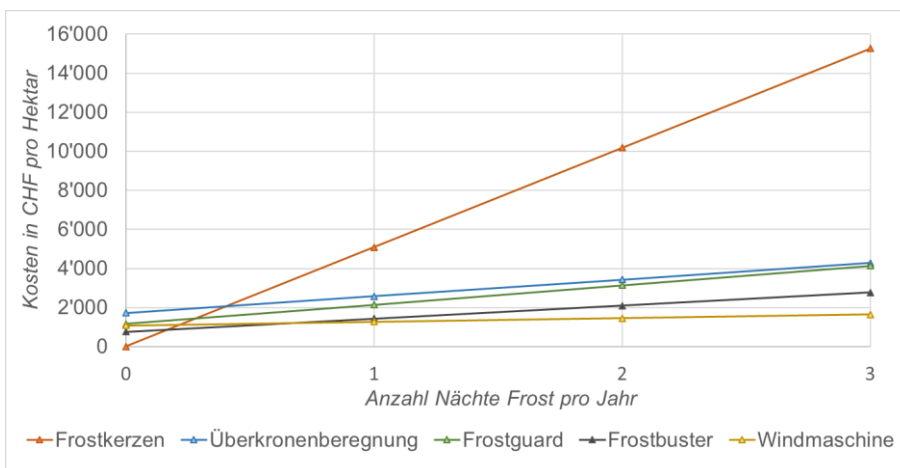




Energiemengen, die stündlich pro Hektar freigesetzt werden.

## Freigesetzte Energiemengen

Die Überkronenberegnung ist am effektivsten, da hier die höchste Wärmeenergie freigesetzt wird. Frostkerzen generieren ebenfalls hohe Energiemengen, die jedoch ohne Foliendach zum grössten Teil in höhere Luftschichten entweichen. Heizgebläse die mit Hilfe von Gas die Luft erwärmen vermögen im Vergleich zu den vorgenannten Verfahren nur einen Bruchteil an Wärmeenergie zu erzeugen. Diese Geräte sind deshalb nicht primär als Heizungen zu betrachten, sondern dienen hauptsächlich der Luftumwälzung.



Deutlich zu sehen ist, dass die Frostbekämpfung mit Paraffinkerzen im Vergleich zu anderen Verfahren die höchsten Kosten verursacht. Im Vergleich dazu ist das Kosten-Nutzenverhältnis bei der Überkronenberegnung am besten.

(Die detaillierten Berechnung inkl. den Grundlagen können bei den Autoren angefragt werden.)

## Kosten pro Hektar

Frostkerzen erzeugen die höchsten anfallenden Kosten pro Frostnacht, da hier die Materialkosten pro Nacht am höchsten sind. Aus diesem Grund macht der Einsatz aus wirtschaftlichen Überlegungen nur in Kulturen mit hoher Wertschöpfung wirklich Sinn. Bei der Überkronenberegnung und der mobilen Windmaschine fallen die höchsten Investitionskosten an. Da die Installationen aber über mehrere Jahre gebraucht werden können, sind die effektiven Kosten pro Frostnacht niedriger als bei den Frostkerzen. Nicht berechnet bei der Überkronenberegnung sind allerdings Investitionskosten für den allfälligen Bau von Wasserbecken.

## Massnahmen ohne bestätigte Wirkung (nicht empfohlen)

Der Einsatz von Bittersalz, Monokaliphosphate, Kaliumnitrat, Calciumnitrat (Kalksalpeter) oder Harnstoff hat in Versuchen zu keinem wirkungsvollen Schutz der Pflanzen vor Frostschäden geführt.

## Frostversicherung

Auf 2018 bietet die Schweizer Hagelversicherung eine Frostversicherung für den Obstbau an.

→ Melden Sie sich für eine Offerte direkt bei der Schweizer Hagelversicherung ([www.hagel.ch](http://www.hagel.ch)).

<b>Herausgeber</b>	Obstfachstellen AG, BE, BL, SO, ZH und Agroscope
<b>Autoren</b>	David Szalatnay, Strickhof; Sabine Wieland, Inforama; Simon Schweizer, Agroscope
<b>fachliche Mitarbeit</b>	Esther Bravin, Agroscope; Othmar Eicher, Liebegg; Tobias Gelencsér, Strickhof; Philipp Gut, Wallierhof; Jürg Maurer, Inforama; Hagen Thoss, Strickhof; Franco Weibel, Ebenrain.