



Vergleich unterschiedlicher Heizsysteme zur Spätfrostbekämpfung

AutorInnen: Sabrina Dreisiebner-Lanz¹, Michael Lamprecht², Wolfgang Matzer³, Willi Nuster⁴

¹JOANNEUM RESEARCH, LIFE – Zentrum für Klima, Energie & Gesellschaft, Waagner-Biro-Straße 100, 8020 Graz

²Nalatec GmbH & Co KG, Takern I/10, 8321 St. Margarethen an der Raab

³WMIS GmbH & Co KG, Fünfung 6, 8181 St. Ruprecht an der Raab

⁴OPST Obst Partner Steiermark GmbH, Wollsdorf 154, 8181 St. Ruprecht/Raab

Einleitung

Die Beheizung ist eine geeignete Spätfrostabwehrmaßnahme, besonders für Kulturen, in denen andere Frostabwehrmaßnahmen nicht möglich oder empfehlenswert sind, z. B. weil die Kultur nicht geeignet für die Frostberegnung (Steinobst) oder eine andere Frostabwehrmethode ist.

Zur Beheizung stehen mehrere Systeme zur Auswahl: Frostkerzen und Frostöfen mit unterschiedlichen Brennmaterialien. Allen Systemen gemeinsam ist ein relativ hoher Bedarf an Arbeitskräften in der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung sowie zusätzlich ein logistischer Aufwand (Lagerung, Transport). Je nach verwendetem System und Materialien ist zudem mit hohen Kosten für das Brennmaterial zu rechnen. Abhängig von den Brennstoffen sind relevante Auswirkungen auf die Luftqualität, eine Geruchsbelastung sowie Ruß- und Rauchentwicklung vorhanden. Die verwendeten Brennmaterialien sind entweder fossile Energieträger (Paraffin, Weichwachs, Petrolatum, Torf) oder stammen aus erneuerbarer Herkunft (Holz).

Es ist wünschenswert, Brennmaterialien zu verwenden, die eine entsprechend gute Frostschutzwirkung bei hoher Effizienz aufweisen und andererseits sowohl kostengünstig als auch gut umweltverträglich sind. Zudem ist die Belastung der Bevölkerung durch Rauch- oder Geruchsentwicklung zu berücksichtigen. Die Firma OPST hat 2017 einen Frostofen im Eigenbau entwickelt, welcher eine Alternative zu Frostkerzen darstellt.

Versuchsbeschreibung

Um die Effizienz verschiedener Brennmaterialien im OPST-Frostofen mit Frostkerzen zu vergleichen, wurden zwei Messreihen durchgeführt (Juni 2018, November 2018). Die Messreihen wurden zu beiden Terminen in Obstanlagen durchgeführt, wobei identische Messfelder mit jeweils einem der Frostschutzsysteme ausgestattet wurden. Zwischen den Versuchsflächen wurde ein Abstand eingehalten, damit eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen war. Die Messfelder wurden mit mehreren kalibrierten Temperatursensoren in unterschiedlicher Höhe und Distanz zu den Wärmequellen ausgestattet und ein Referenzsensor außerhalb der Fläche angebracht.

Die Rahmenbedingungen der beiden Versuchstermine waren vom Temperaturniveau unterschiedlich (Referenztemperaturen im Juni: zwischen 13 und 18°C; im November: zwischen -2 und 1°C), bezüglich Wind und Luftfeuchtigkeit waren die Messnächte vergleichbar (< 1m/s; 96% bzw. 97% RH).

Folgende Heizsysteme wurden mit der gleichen Aufstellichte (entspricht 300 Stück/ha) verglichen:

Juni/November: Frostkerzen „STOPGEL“ (6 l Weichwachs)

Juni/November: OPST Frostofen, beheizt mit Torfbriketts (20 kg Torfbriketts, 1 kg Hackgut)

November: OPST Frostofen, beheizt mit Holzbriketts (20 kg Holzbriketts)

Die Heizquellen wurden versetzt in jeder zweiten Fahrgasse aufgestellt, mit einem Abstand von 5 m. Der Reihenabstand der Obstanlage betrug 3,25 m.

Mit den Messwerten konnten die Temperaturverläufe und die erreichte Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur an verschiedenen Positionen dargestellt werden. Zudem wurde eine Massen-/Energiebilanzierung für jedes Heizsystem erstellt.

Ergebnisse

Die Temperaturverläufe und erreichten Temperaturdifferenzen zeigten einen deutlichen Unterschied zwischen den drei verglichenen Heizsystemen. Alle Systeme zeigten eine Anheizphase zwischen Zünden bis zur entsprechenden Wärmeentwicklung. Diese Phase war bei den Torfbriketts am längsten. Erst nach dieser Anheizphase wird die volle Leistung der Systeme (Lastbetrieb) erreicht. Mit den Holzbriketts in den Frostöfen

konnte die stärkste Erwärmung (punktuell/phasenweise bis zu 6°C Temperaturdifferenz) erreicht werden, gefolgt von den Torfbriketts.

Die Frostkerzen konnten die geringste Temperaturdifferenz bewirken (Abb. 1). Die roten Linien (Strich-/Punktiert) zeigen die Leistungskennzahlen der Heizsysteme. Daraus ist ersichtlich, dass das Leistungsniveau der Kerzen konstant, aber auf einem niedrigen Niveau ist.

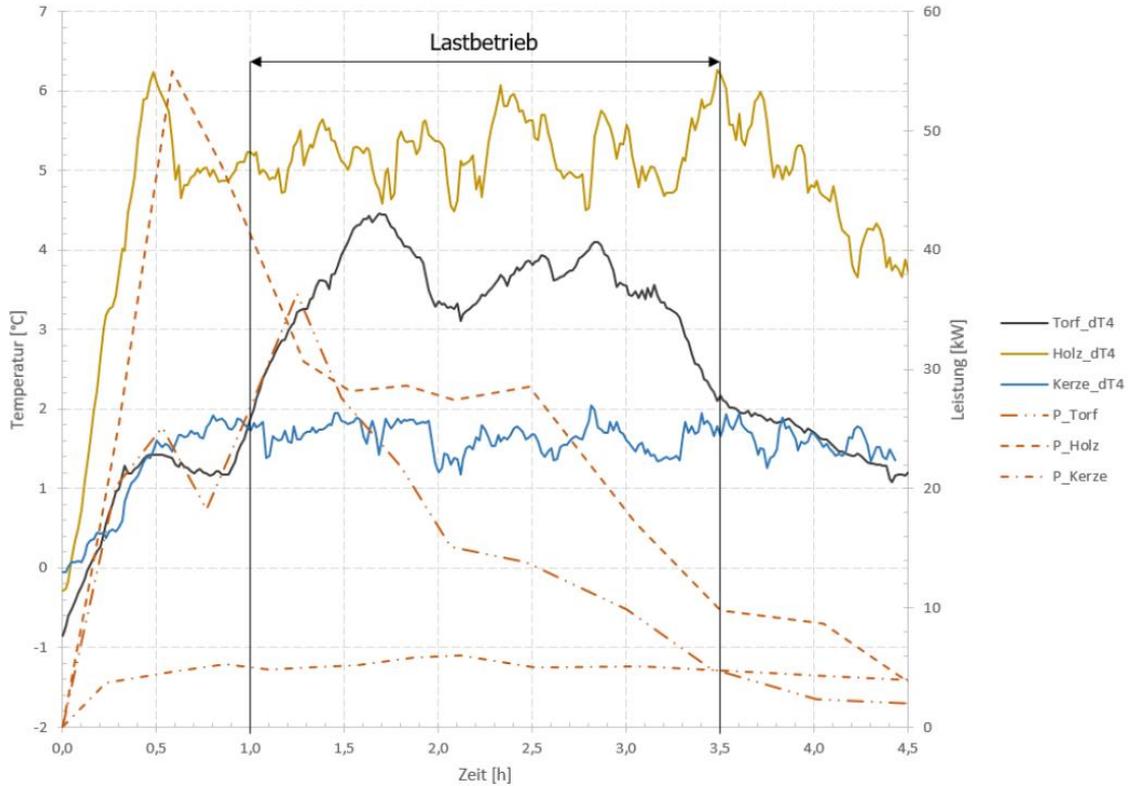


Abb. 1: Grafische Darstellung der Leistungskennlinien (29.11.2018), Frostofen-Torf (P_Torf), Frostofen-Holz (P_Holz), Frostkerze (P_Kerze), mit den dazugehörigen Temperaturdifferenzen am Messpunkt 4 (dT4, Abstand 1,25 m zu Heizsystem, auf 1 m Höhe) (Grafik: Michael Lamprecht)

Die größte Wärmeentwicklung bei den Frostöfen mit Holzbriketts konnte mit der Wärmebildkamera (Aufnahme durch Drohne) gut dargestellt werden (Abb. 2)

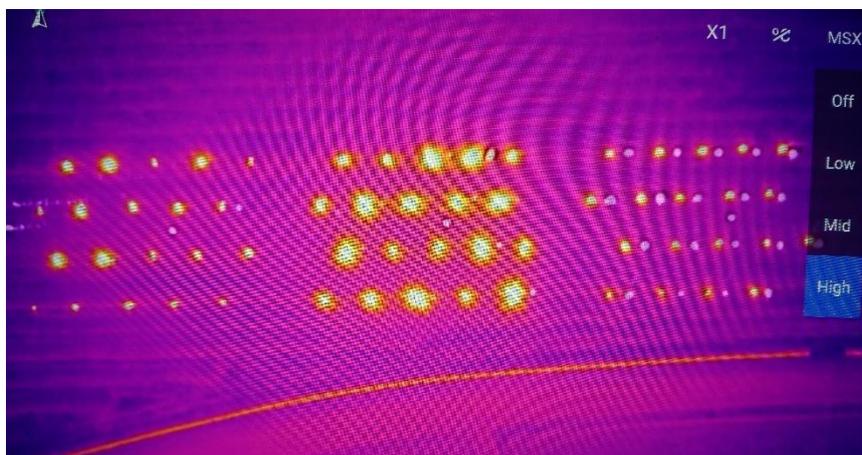


Abb. 2: Aufnahme mit der Wärmebildkamera, aus einer Höhe von 150m über den Versuchsfeldern, während der Anheizphase in einem Vorversuch, links: Frostofen Torf, mittig: Frostofen Holzbriketts, rechts: Frostkerze Stoppel, (28.11.2018, Foto: Freiwillige Feuerwehr Pöllau)



Aus den Messwerten wurden zahlreiche Kennzahlen berechnet, welche einen thermodynamischen Vergleich und einen Vergleich zur Effizienz der Heizsysteme ermöglichen. Die detaillierten Ergebnisse werden an dieser Stelle nicht ausgeführt, aber die Schlussfolgerungen daraus finden sich untenstehend.

Mit den beiden Versuchsanstellungen konnte gezeigt werden, dass die Ergebnisse der ersten Messnacht in der zweiten Messnacht, trotz eines anderen Temperaturniveaus, reproduziert werden konnten. Ein Rückschluss von Versuchen im positiven Temperaturbereich auf die Wirksamkeit bei Frosttemperaturen ist bei – sonst vergleichbaren – Rahmenbedingungen (z. B. Wind) möglich.

Zusätzlich zu den beiden Messreihen wurden durch die Fa. OPST zahlreiche Praxistests durchgeführt, um unterschiedliche Fragestellungen zu beantworten. Die wichtigsten Ergebnisse daraus waren:

- Ungeeignete Materialien sind:
 - o Miscanthus: quillt stark auf, produziert viel Asche
 - o Pinikey-Pellets liegend: starke Rauchentwicklung
- Die Verwendung von Scheitholz, stehend, ist im Frostofen zwar möglich, durch den guten Zug verbrennt das Scheitholz aber sehr zügig und es konnte eine maximale Brenndauer von 3 Stunden erreicht werden
- Unterschiedliche Qualitäten von Holzbriketts wurden getestet. Generell gilt, je höher der Anteil an Weichholz ist, umso weniger sind die Briketts für die Anwendung zur Frostabwehr geeignet. Der wesentliche Faktor ist der Anteil Weichholz, die Pressung der Briketts und die Schichtung im Ofen. Durch die Temperaturentwicklung quellen die Briketts auf und verschließen bei falscher Positionierung den Zugmechanismus im Ofen. Dadurch beginnt das Material zu qualmen und es kann keine ausreichende Feuer- und Wärmeentwicklung erreicht werden. Zusätzlich kann es sogar zu einer gefährlichen Rauchentwicklung für die Umgebung kommen. Geeignet, aber nicht verfügbar (weil die Produktion eingestellt wurde) wären vermutlich Rindenbriketts. Pinikey-Briketts stehend rauchen mehr als Hartholzbriketts, brennen aber ebenfalls bis zu 6 Stunden.
Für die Verwendung von Hartholzbriketts wurde die Zugregelung am Ofen angepasst und ist im Betrieb ganz zu öffnen, damit weniger Rauch entsteht. Die Brenndauer beträgt dann bis zu 6 Stunden.

Vor- und Nachteile der Heizsysteme und Brennmaterialien

Sämtliche Heizsysteme erfordern einen logistischen Aufwand, Lagerkapazität und haben in den Frostnächten einen entsprechenden Bedarf an Arbeitskräften.

Die generellen Vorteile von Frostofensystemen liegen in der Wiederverwendbarkeit der Behältnisse und der Flexibilität bezüglich der Brennmaterialien. Damit ist eine deutliche Kosteneinsparung im Vergleich zu Frostkerzen möglich und es können unterschiedliche Brennmaterialien zum Einsatz kommen. Die OPST-Frostöfen sind in zwei Ausführungen erhältlich: Schwarzblech und Edelstahl. Die Schwarzblechöfen kosten 17 €/Stk. netto und haben eine voraussichtliche Lebensdauer von ca. 5 Jahren, die Edelstahlöfen kosten 25 €/Stk. netto und haben eine voraussichtliche Lebensdauer von 20 Jahren.

Frostkerzen sind hinsichtlich Handling einfacher und benötigen daher weniger Zeit in der Vorbereitung. Zudem ist das Löschen der Frostkerzen und damit ein Abbruch der Frostbekämpfungsmaßnahme möglich, die restliche Kerze kann ein zweites Mal gezündet werden.

In Tabelle 1 wird ein Überblick über die getesteten Heizsysteme und Brennmaterialien gegeben.



Tabelle 1: Überblick über verschiedene Heizsysteme bei 300 Heizquellen/ha (Nettopreise)

	Hartholzbriketts im OPST-Frostofen	Torfbriketts im OPST-Frostofen	Frostkerzen (Beispiel STOP GEL)
Jährliche Fixkosten (Anschaffung ÷ Abschreibedauer) pro ha	Schwarzblech: € 1020 Edelstahl: € 375	Schwarzblech €1020 Edelstahl €375	keine
Variable Kosten pro Frostnacht und ha (ohne Nachheizen)	ca. 1400 € zzgl. Arbeitszeit	ca. 1400 € zzgl. Arbeitszeit	ca. 3000 € zzgl. Arbeitszeit
Verfügbarkeit	mittlerweile verfügbar	gut	gut, unterschiedliche Fabrikate
Wasseraufnahme des Brennmaterials	stark	keine	keine
Rauchentwicklung	vorhanden, kann minimiert werden (Zugführung)	kaum Rauchentwicklung	vorhanden, zusätzlich Ruß- und Geruchsentwicklung
Brennstoffmenge pro Heizquelle	20 kg Hartholzbriketts	20 kg Torfbriketts, 1 kg Hackgut bzw. 3x15 cm Weichholzscheite	6 l Weichwachs

Schlussfolgerungen

Die Temperaturerhöhungen, die bei den Vergleichsmessungen an den jeweiligen Messpunkten im Lastbetrieb (vgl. Abb. 1) erreicht wurden, sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Mittlere Temperaturerhöhung und minimale/maximale Temperaturdifferenzen im Lastbetrieb (1-3,5h nach dem Zünden) an den jeweiligen Messpunkten (29.11.2018)

Messpunkt-Abstand zu Heizquelle	1,25 [m]	1,25 [m]	2,50 [m]	2,50 [m]				
Messpunkt-Höhe	1,00 [m]	2,00 [m]	1,00 [m]	2,00 [m]				
Temperaturerhöhung	ØdT4 [°C]		ØdT5 [°C]		ØdT6 [°C]		ØdT7 [°C]	
Ofen-Torf-Briketts	3,49	4,46 max	2,38	3,05 max	2,46	3,17 max	2,24	3,27 max
		1,89 min		1,59 min		1,67 min		1,59 min
Ofen-Holz-Briketts	5,21	6,27 max	5,38	7,07 max	3,55	4,80 max	3,51	4,41 max
		4,49 min		3,85 min		2,90 min		2,98 min
Kerze	1,66	2,04 max	1,46	2,01 max	0,97	1,24 max	1,03	1,42 max
		1,18 min		0,83 min		0,60 min		0,57 min

Unter Berücksichtigung der notwendigen Leistung, die benötigt wird, um die Temperatur an einem Punkt (konkret am Punkt T4) um z. B. 5°C im Vergleich zur Umgebungstemperatur zu erhöhen, lässt sich ein **Einsparpotenzial von 53% durch Verwendung von Frostöfen mit Torf-Briketts und 68% durch Verwendung von Frostöfen mit Holz-Briketts** im Vergleich zur Verwendung von Frostkerzen hinsichtlich der Anzahl der notwendigen Energiequellen berechnen. Anders formuliert bedeutet dies, dass **mit der gleichen Anzahl Heizquellen mit den OPST-Frostöfen (mit den entsprechenden Mengen an Brennmaterial) eine stärkere Temperaturerhöhung möglich ist als mit handelsüblichen Frostkerzen**.

Allerdings ist die Temperaturerhöhung dabei auch im Zusammenhang mit der Dauer, über welche diese Erhöhung erreicht werden kann, zu sehen. **Die Brenndauer an sich lässt keine Aussage über die Effizienz des Frostschutzes zu: entscheidend ist, über welche Zeitspanne eine relevante Temperaturerhöhung erreicht werden kann.** Bei den Frostöfen kann dies durch eine entsprechende Prozessführung (z. B. Zugsteuerung, Nachheizen) beeinflusst werden.

Die Kosten für die Frostöfen setzen sich aus Fixkosten (Anschaffung der Frostöfen) und variablen Kosten (Brennmaterial, Arbeitszeit) zusammen. **Bei der zu erwartenden Lebensdauer der Frostöfen und mehrfachem**



Einsatz sind die Frostöfen eine kostengünstige Alternative zu Frostkerzen. Zudem sind die Vorteile einer Beheizung mit einem nachwachsenden (und potentiell heimischen) Rohstoff wie Holz zu erwähnen. Die Verfügbarkeit der geeigneten Hartholzbriketts ist derzeit eingeschränkt, es wird jedoch seitens der OPST GmbH daran gearbeitet.

Die Effizienz und Wirkung bei insgesamt anderen Witterungsbedingungen, wie z. B. bei Auftreten von Wind, konnte mit den beiden Messreihen nicht beantwortet werden. Anhand der Erfahrungswerte mit Frostkerzen ist zu erwarten, dass auch bei Wind eine Wirkung besteht, diese aber im Vergleich zu windstillen Bedingungen durch die erhöhte konvektive Wärmeabfuhr verringert wird.

Praktische Empfehlungen

Folgende Empfehlungen können auf Basis der Messungen und Praxistests gegeben werden:

- Die Lagerung der Holzbriketts vor und während der Frostnacht muss unbedingt trocken erfolgen
- Die ideale Schichtung von Holzbriketts im Frostofen ist stehend. Um Zeit zu sparen, sollten die Briketts bereits so abgepackt geliefert werden
- Um Rauchentwicklung bei Verwendung von Holzbriketts in OPST-Öfen möglichst zu vermeiden, ist die Zugregelung ganz zu öffnen
- Es sind Holzbriketts mit einem möglichst hohen Hartholzanteil bzw. entsprechend den Spezifikationen der OPST GmbH zu verwenden
- Bei Verwendung von Torfbriketts 3 Stück Scheitholz à 15 cm für die Anheizphase zu verwenden
- Als Zünder werden von der OPST GmbH Flamax Kerosinwürfel empfohlen
- Eine Anheizphase bis zum Erreichen der vollen Heizleistung ist bei allen Systemen für den Anheizzeitpunkt zu berücksichtigen. Für Frostkerzen und Frostöfen mit Holzbriketts beträgt die Anheizphase ca. eine halbe Stunde, für Frostöfen mit Torfbriketts ist sie mit ca. einer Stunde deutlich länger.
- Anhand des aktuellen Wissensstandes wird bei Verwendung der OPST Frostöfen eine Aufstelldichte von 300 Öfen/ha mit ca. 20 kg Hartholzbriketts empfohlen. Damit ist eine **Temperaturerhöhung bei Strahlungsfrostbedingung (praktisch windstill) von 3-6°C, abhängig vom Abstand zu der Heizquelle und Höhe, über ca. 4,5 Stunden** zu erreichen, die Brenndauer beträgt ca. 6 Stunden, allerdings fällt die Leistung gegen Ende der Brenndauer deutlich ab.
- Bei Verwendung von Torfbriketts kann bei Strahlungsfrostbedingung (praktisch windstill) und einer Aufstelldichte von 300 Öfen/ha eine **Temperaturerhöhung von 2-4°C, abhängig vom Abstand zu der Heizquelle und Höhe, über ca. 3,5 Stunden** erwartet werden. Die Brenndauer beträgt ca. 5 Stunden, allerdings fällt die Leistung gegen Ende der Brenndauer deutlich ab.
- Die Verwendung von Scheitholz in den Frostöfen ist möglich, allerdings ist mit einer verkürzten Brenndauer zu rechnen (max. 4,5 Stunden). Zur möglichen Temperaturerhöhung kann keine Aussage getroffen werden.
- Nachheizen, im Falle von langen Frostnächten, ist sowohl bei der Verwendung von Briketts als auch Scheitholz möglich und auch notwendig, wenn eine entsprechende Temperaturerhöhung über einen längeren Zeitraum erforderlich ist.
- Bei der Verwendung von Frostkerzen ist eine deutlich längere Brenndauer (ca. 8-11 Stunden, je nach Fabrikat)¹ zu erreichen, aufgrund des niedrigen Leistungsniveaus über die gesamte Brenndauer sind aber je nach Minustemperaturen mehr Heizquellen für einen effizienten Frostschutz erforderlich.
- Unabhängig vom verwendeten Frostschutzsystem empfiehlt sich eine versetzte Aufstellung in den Anlagen und je nach Reihenabstand die Positionierung von Heizquellen in jeder Fahrgasse.

Bei einer Praxisanwendung in der Nacht vom 11. auf 12.03.2019 bei Marille in der Blütephase konnte mit 300 Öfen/ha und einer Beheizung mit Holzbriketts eine Temperaturerhöhung von 4°C erreicht werden, von -3°C auf 1°C (nicht kalibrierte Messungen des Betriebes). Dieses Ergebnis aus der Praxis entspricht damit den Versuchsmessungen.

¹ Michael Kothgasser, Reinhold Lazar: Abrennversuch Anti Frostkerzen, Haidegger Perspektiven 3/2018



Ausblick

Es wird von der Fa. OPST weiter an der Verbesserung der Frostöfen gearbeitet, um eine längere Phase mit einer ausreichenden Temperaturerhöhung zu erreichen.

Die Anschaffung der Frostöfen kann von Erzeugerorganisationen über die Kriseninterventionsförderung des Bundes zur Förderung beantragt werden, da aufgrund der oben erwähnten Versuche Anfang 2019 eine Aufnahme in die Liste der geförderten Abwehrmaßnahmen erfolgte. Brennmaterialien sind nicht förderbar.

Die vorliegenden Messergebnisse und Auswertungen zeigen das Potenzial der Frostofensysteme im Vergleich zu handelsüblichen Frostkerzen deutlich auf. Im Rahmen des Forschungsprojektes "Masterplan Klimarisiko Landwirtschaft Steiermark" im Auftrag des Landes Steiermark werden die Rohdaten und Auswertungen von JOANNEUM RESEARCH weiterverarbeitet und die Frostöfen mit unterschiedlichen Heizmaterialien in weiterer Folge in die ganzheitliche Betrachtung der Thematik Spätfrostbekämpfung eingebunden.

Kontakt für OPST-Frostöfen Willi Nuster, +43 664 88418821

Die Versuche wurden von der Fa. WMIS und Fa. Nalatec im Auftrag der Fa. OPST durchgeführt. Versuchsaufbau, Durchführung der Messungen, Messtechnik, Messmethodik und Auswertung durch die Fa. WMIS und Fa. Nalatec unter Mitarbeit von JOANNEUM RESEARCH im Rahmen des Forschungsprojektes "Masterplan Klimarisiko Landwirtschaft Steiermark" im Auftrag des Landes Steiermark.

Danke an die Freiwillige Feuerwehr Pöllau bei Hartberg für die Aufnahmen mit der Wärmebilddrohne, an die Feuerwehr St. Ruprecht für die Spezialkamera am zweiten Messtag und an Robert Strobl, der die Obstanlage für die Messungen zur Verfügung gestellt hat.