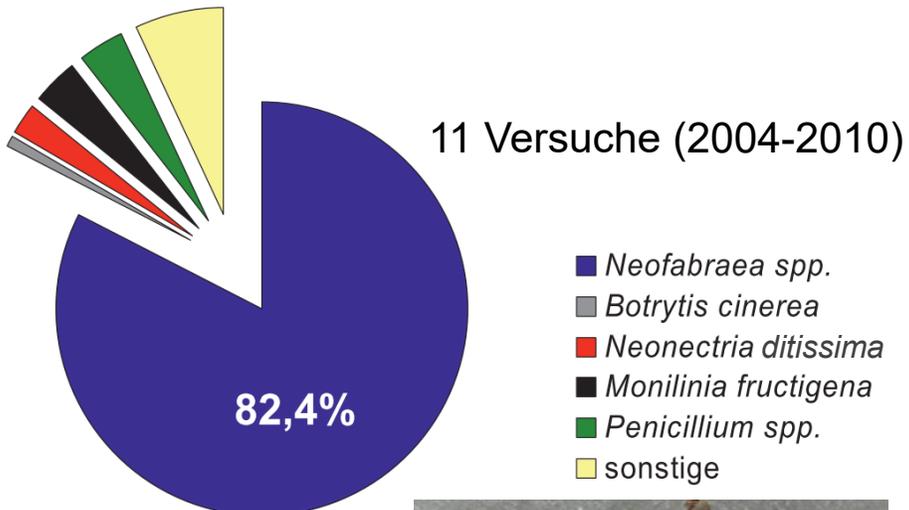




# Thermische Verfahren zur Verhinderung von Lagerfäulen und Lagerschorf

Lagerseminar 2025, Markdorf, 20.08.2025

# Lagerfäulen an der Niederelbe



(Palm & Kruse, 2012)



*Neofabraea perennans*



*Phlyctema vagabunda*



*Botrytis cinerea*



*Phacidiopycnis washingtonensis*



*Neonectria ditissima*



*Monilinia fructigena*



*Penicillium expansum*

# Definition Nacherntebehandlung

**„Nacherntebehandlung“ die Behandlung von Pflanzen oder Pflanzenerzeugnissen nach der Ernte in einem isolierten Raum, wo ein Abfließen nicht möglich ist, z. B. in einem Lager**

*Artikel 3 Absatz 1, Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates*

A top-down view of a cardboard box filled with a large quantity of apples. The apples are densely packed and exhibit various stages of ripeness, ranging from green to deep red. Many of the apples have dark brown, irregular spots on their skin, which are characteristic of fungal rot. The text is overlaid in the center of the image.

**Nacherntebehandlung 1.0:  
mit Fungiziden**

## Nacherntefungizide für Kernobst in D

**Xedathane-HN** (156 g Pyrimethanil / l), zugel. bis 15.03.2026

**Kernobst:** 1 Anw. (50 ml / t Erntegut bis 15 Tage nach der Ernte); Heißvernebelung im Lagerraum; WZ F

- gegen *Gloeosporium*

**Deccopyr-POT** (300 g Pyrimethanil / kg), zugel. bis 15.03.2026

**Apfel u. Birne:** 1 Anw. (20 g / t Erntegut); Beräucherung im Lagerraum; WZ 1 Tag

- gegen *Penicillium*-Lagerfäule

**Penbotec 400SC** (400 g Pyrimethanil / l), zugel. bis 15.03.2026

**Apfel u. Birne:** 1 Anw. (25 ml in 20 l Wasser / t Erntegut vor der Einlagerung); nur in automatischen Tauch- oder Streichanlagen; WZ 1 Tag

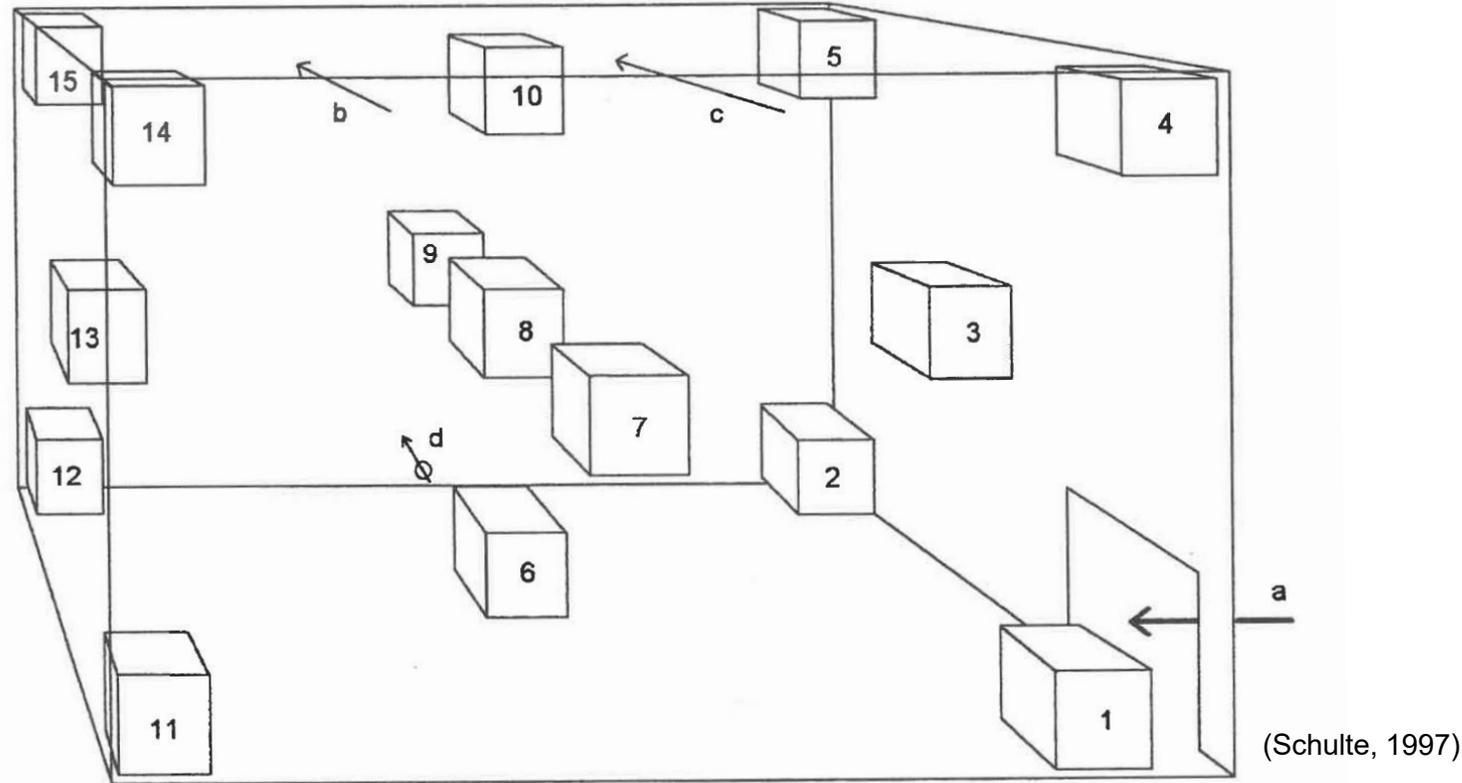
- gegen *Gloeosporium*, *Botrytis*, *Penicillium expansum*

**ActiSeal F 60** (600 g Fludioxonil / l), zugel. bis 15.06.2026

**Apfel u. Birne:** 1 Anw. (5 ml in 5 l Wasser / t Erntegut nach der Ernte); Tauchen in geeigneten Behältnissen; WZ F

- gegen *Penicillium*-Arten, *Rhizopus* sp.

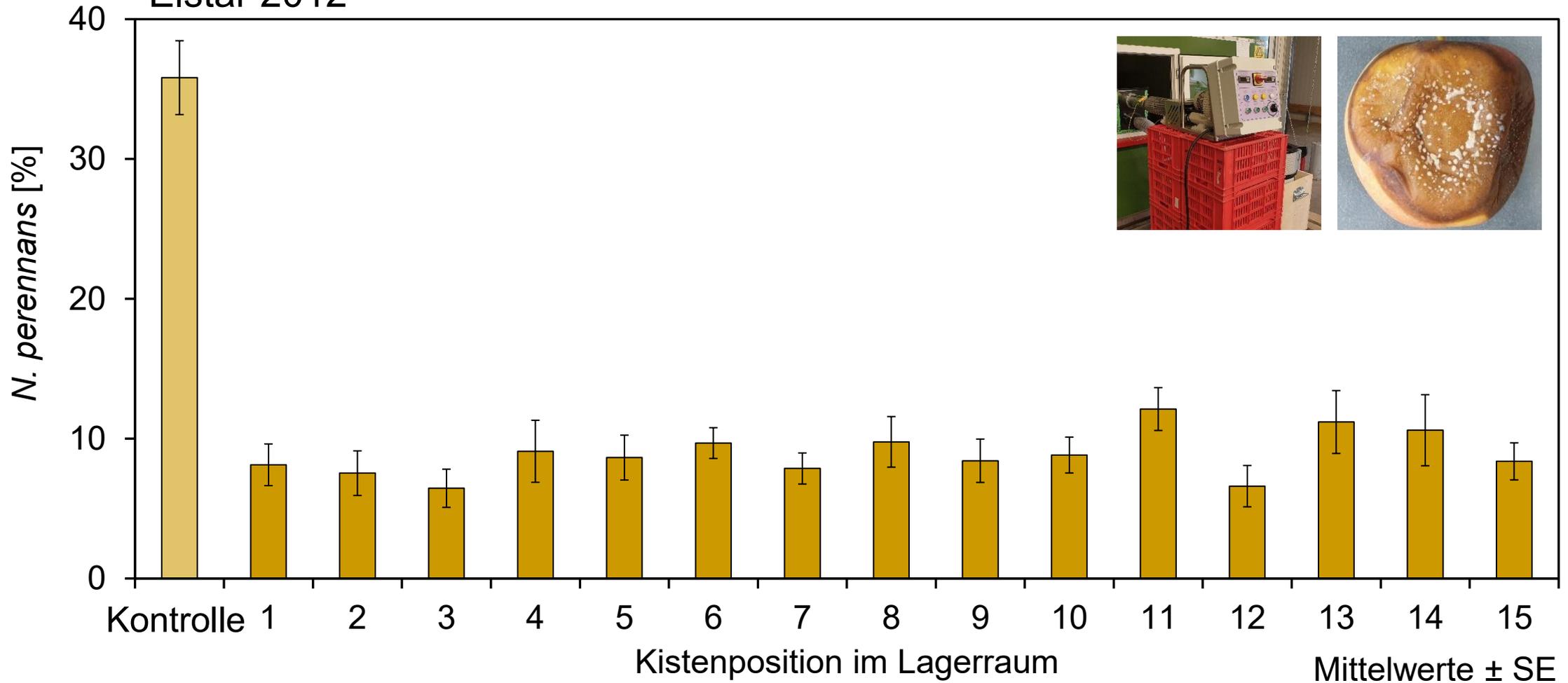
# Heißvernebelung von Xedathane-HN / Verräucherung von Deccopyr-POT



Sphärische Verteilung der Äpfel in Großkisten an 15 Positionen im Lager

# Heißvernebelung von Xedathane-HN: Lagerfäulen

Elstar 2012

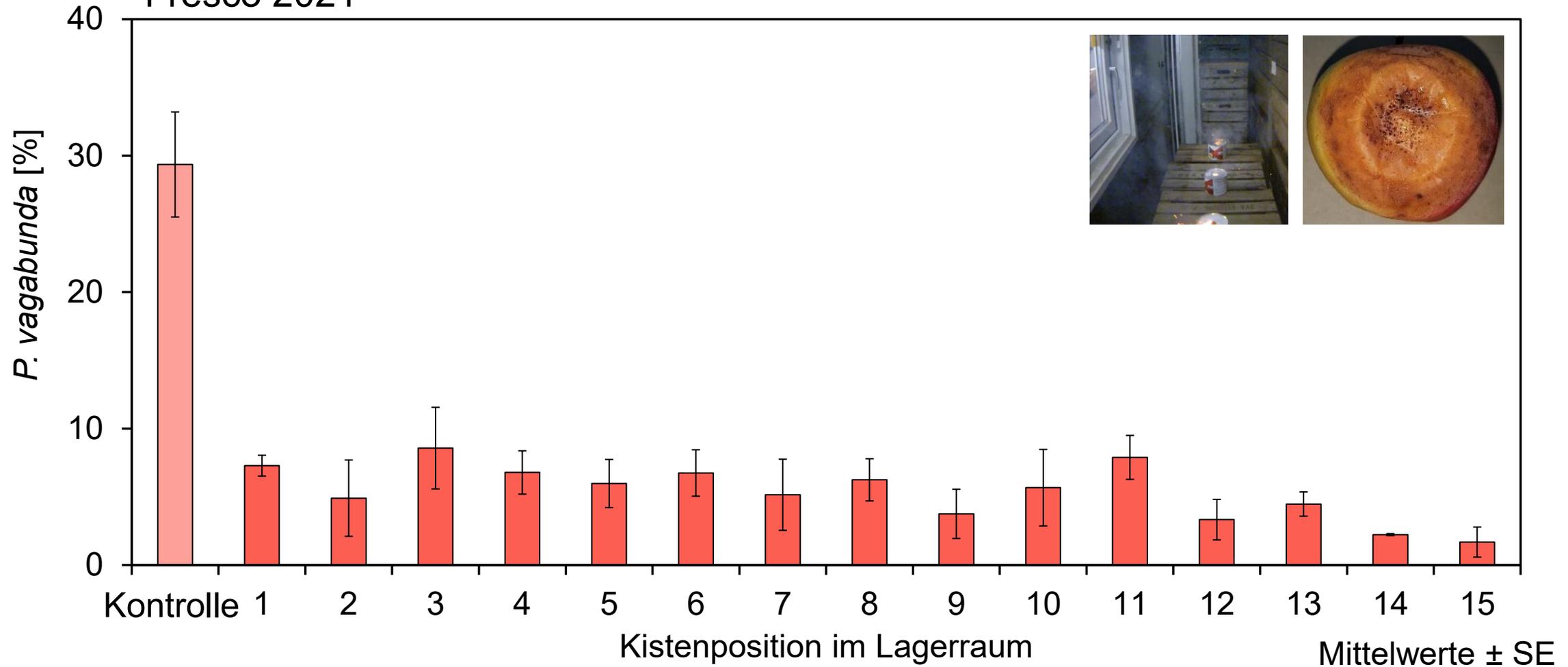


Pyrimethanil [mg kg <sup>-1</sup> ]	3,0	1,8	1,6	1,7	1,3	0,99	1,3	0,84	1,4	0,86	1,9	1,8	1,1	1,0	1,8
-------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

(verändert nach Holthusen, 2014)

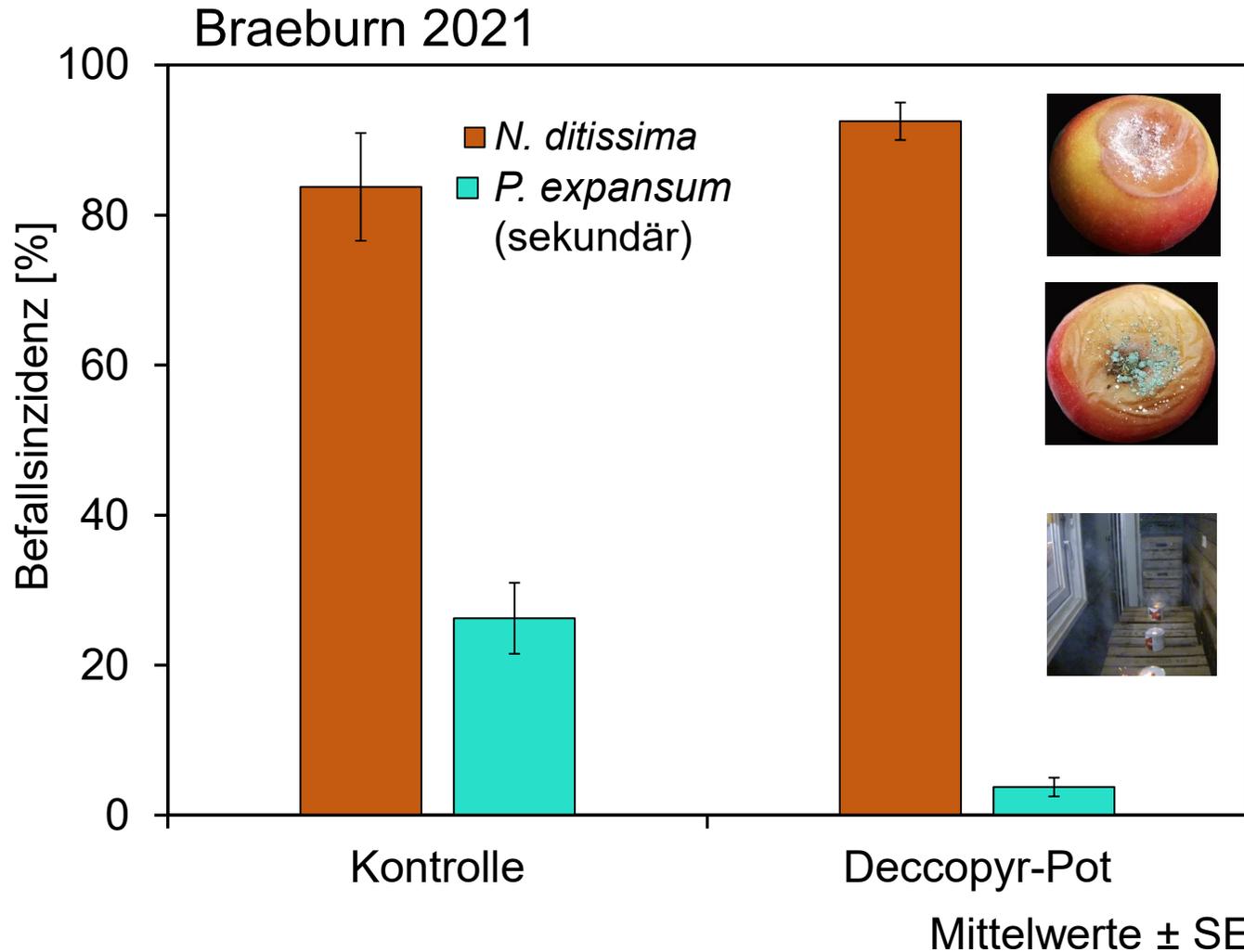
# Verräucherung von Deccopyr-POT: Lagerfäulen

Fresco 2021



Pyrimethanil [mg kg <sup>-1</sup> ]	0,98	1,0	0,62	1,0	1,1	0,90	1,1	0,53	0,80	1,0	0,88	0,74	0,75	2,2	2,0
-------------------------------------	------	-----	------	-----	-----	------	-----	------	------	-----	------	------	------	-----	-----

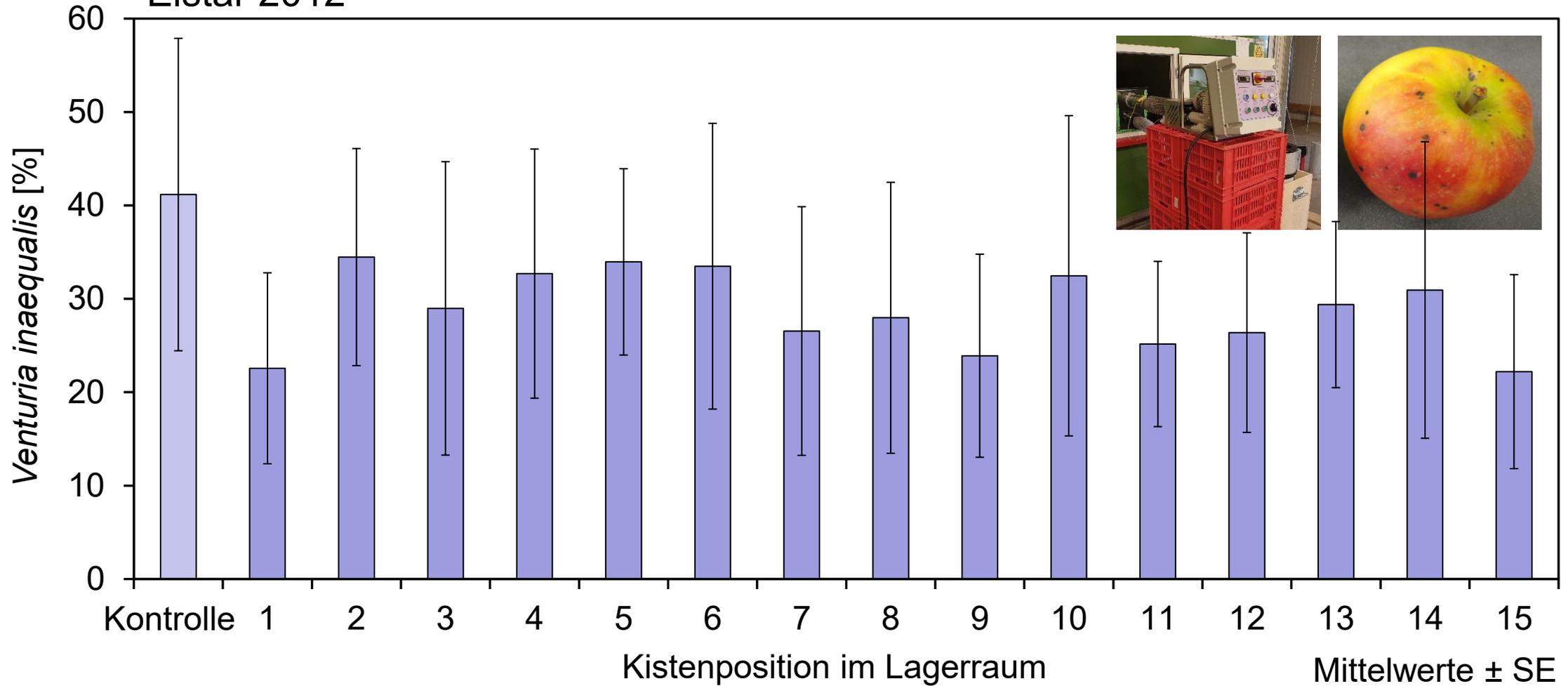
# Verräucherung von Deccopyr-POT: Infektionen an verwundeten Früchten



- Früchte nach der Ernte verwundet: Beimpfung mit Konidien von *N. ditissima*
- Deccopyr-Pot + 5-wöchige Lagerung:
  - keine Wirkung auf *N. ditissima*
  - Wunden signifikant seltener mit *P. expansum* infiziert

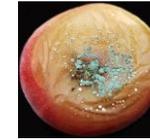
# Heißvernebelung von Xedathane-HN: Lagerschorf

Elstar 2012



# Wirksamkeit Pyrimethanil-Nacherntebehandlung

- Heißvernebelung = Verräucherung (< Tauchen)
- Hohe Wirksamkeit: *N. perennans*, *P. vagabunda*, *P. expansum*, *P. washingtonensis* und weitere Pilze

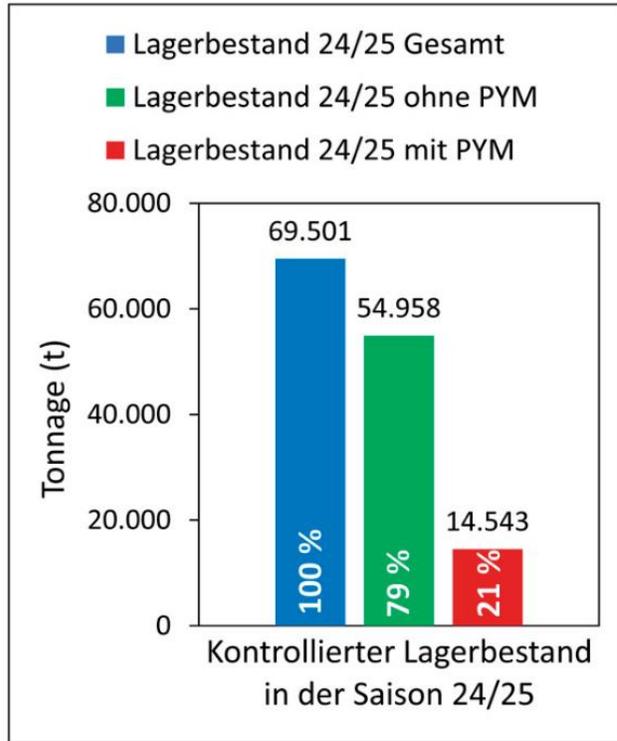


- Keine Wirkung: *V. inaequalis* und *N. ditissima*

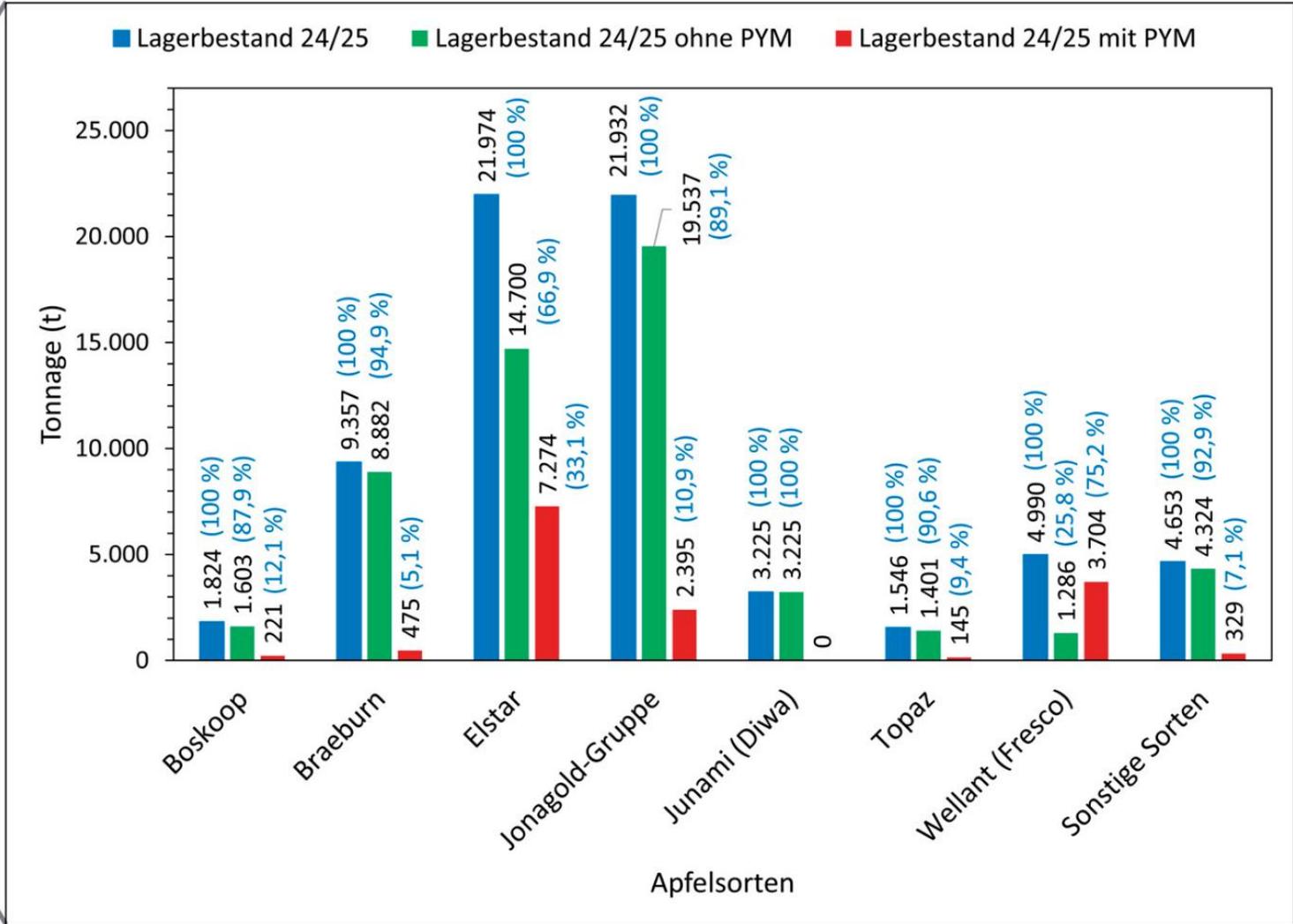


- Ein Rückstand in akzeptabler Höhe
- Wirkung mindestens vergleichbar mit 5-6x Captan-Präparate in der Obstanlage  
→ Anwendungshäufigkeit von Fungiziden kann reduziert werden bzw. Ersatz für Behandlungen kurz vor Ernte → Hohe Flexibilität und Bodenschonung

# Pyrimethanil-Nacherntebehandlung in der Praxis



PYM = Pyrimethanil



(Schlie & Köpcke, 2025)

# Ungewollter Pyrimethanil-Nachweis auf Früchten

- Kein Einsatz von Pyrimethanil in 2023
- Deccopyr-Pot- / Xedathane-HN-Einsatz im Herbst 2022:
  - selber Raum
  - anderer Raum
  - selber Raum mit Zwischenreinigung
- Nachweise Pyrimethanil: 0,029 mg kg<sup>-1</sup> Äpfel<sup>-1</sup>
  - etwa 1-3% der Zielkonzentration (1,0 - 2,0 mg kg<sup>-1</sup>) des Vorjahres
- Reinigung der Räume (und Kisten) erfolgreich?
  - Empfehlung: Immer dieselben Räume für Nacherntebehandlungen nutzen

Nachweis Pyrimethanil Herbst 23

Sorte	PYM [mg kg <sup>-1</sup> ]*
Holsteiner Cox	0,030
Holsteiner Cox	0,025
Gala	0,013
Gala	0,013
Jonagold	0,010
Junami	0,029
Boskoop	0,040
Elstar	0,064
Junami	0,038
Fuji	0,037
Boskoop	0,016

\*Nachweisgrenze: 0,01 mg kg<sup>-1</sup>

# Zukünftige Zulassungssituation Kernobst

Wirkstoff	Fludioxonil	Pyrimethanil
Ende Wirkstoffzulassung	30.09.2026	30.06.2026
Substitutionskandidat	ja	nein
Neue Wirkstoffzulassung	wahrscheinlich nein	wahrscheinlich ja
Rückstandshöchstgehalt [mg kg <sup>-1</sup> ]	5,0 → Zukunft?	15,0 → Absenkung?
Verfügbarkeit mittelfristig	unwahrscheinlich	ja, aber fraglich in Nachernte

# Fazit Nacherntebehandlung mit Fungiziden

## PRO

- Hohe Wirksamkeit gegen relevante Lagerfäulen
- Geringe / unproblematische Rückstände nach Behandlung
- Resistenzmanagement optimiert für Erreger, die im Feld infizieren
- Geringerer PSM-Eintrag in Naturhaushalt
- Reduzierung PS-Anwendungshäufigkeit
- Flexibilität in der Lagerfäulenbekämpfung
- Bodenschonung

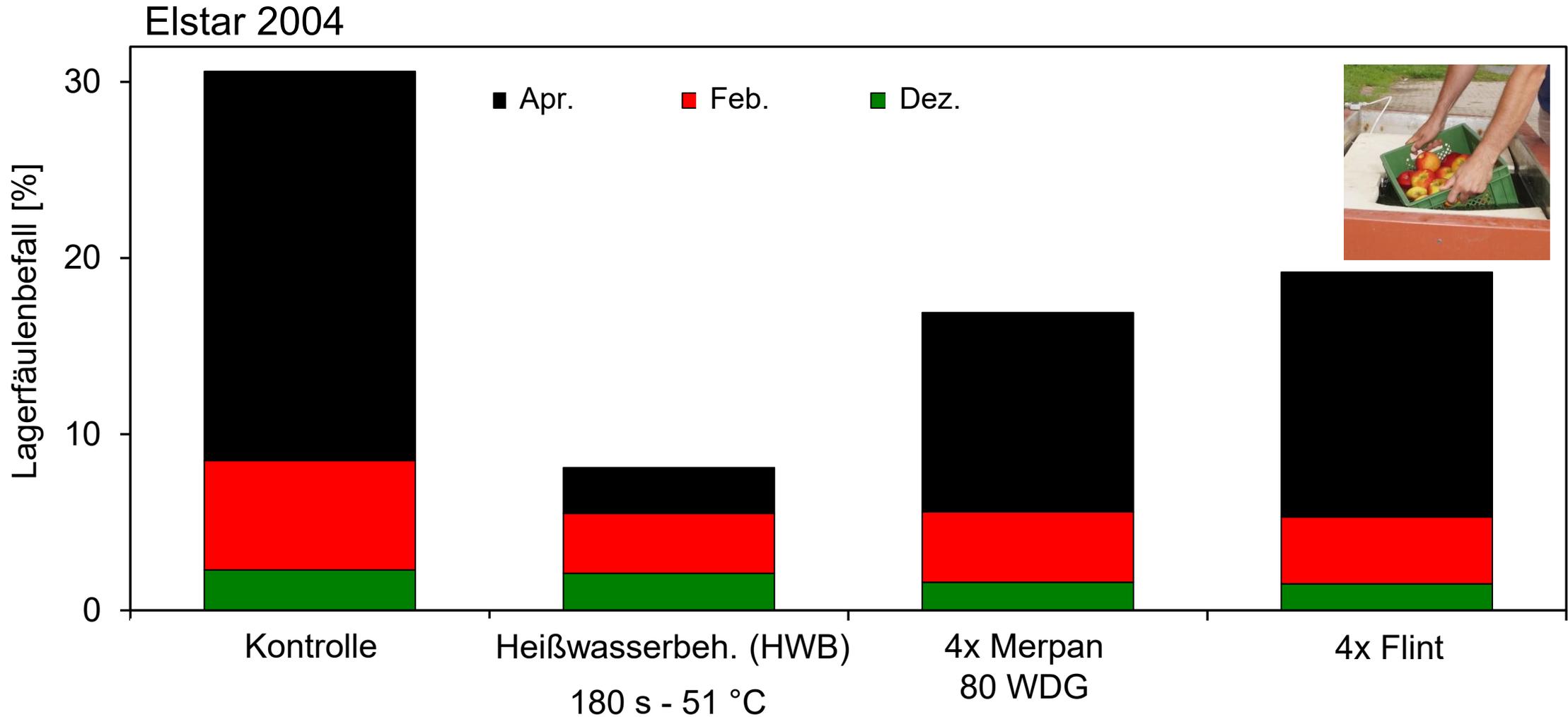
## CONTRA

- Keine Wirkung gegen Lagerschorf
- Keine Wirkung *Neonectria*-Fruchtfäule
- Rückstände können zwischen Jahren übertragen werden → Anlagerungen im Lagerraum
- Resistenzmanagement mittelfristig fraglich für Erreger die im Lagerraum infizieren (z.B. *Penicillium* spp.)
- Feuergefahr bei Fehlanwendung von Deccopyr-Pot
- **Mittelfristige Zulassungssituation für Wirkstoffe extrem unsicher**

A top-down view of a cardboard box filled with a large quantity of apples. The apples are densely packed and show a variety of colors, including red, green, and yellowish-green, indicating different stages of ripeness. Some apples have dark spots or bruises on their skin. The text is overlaid in the center of the image.

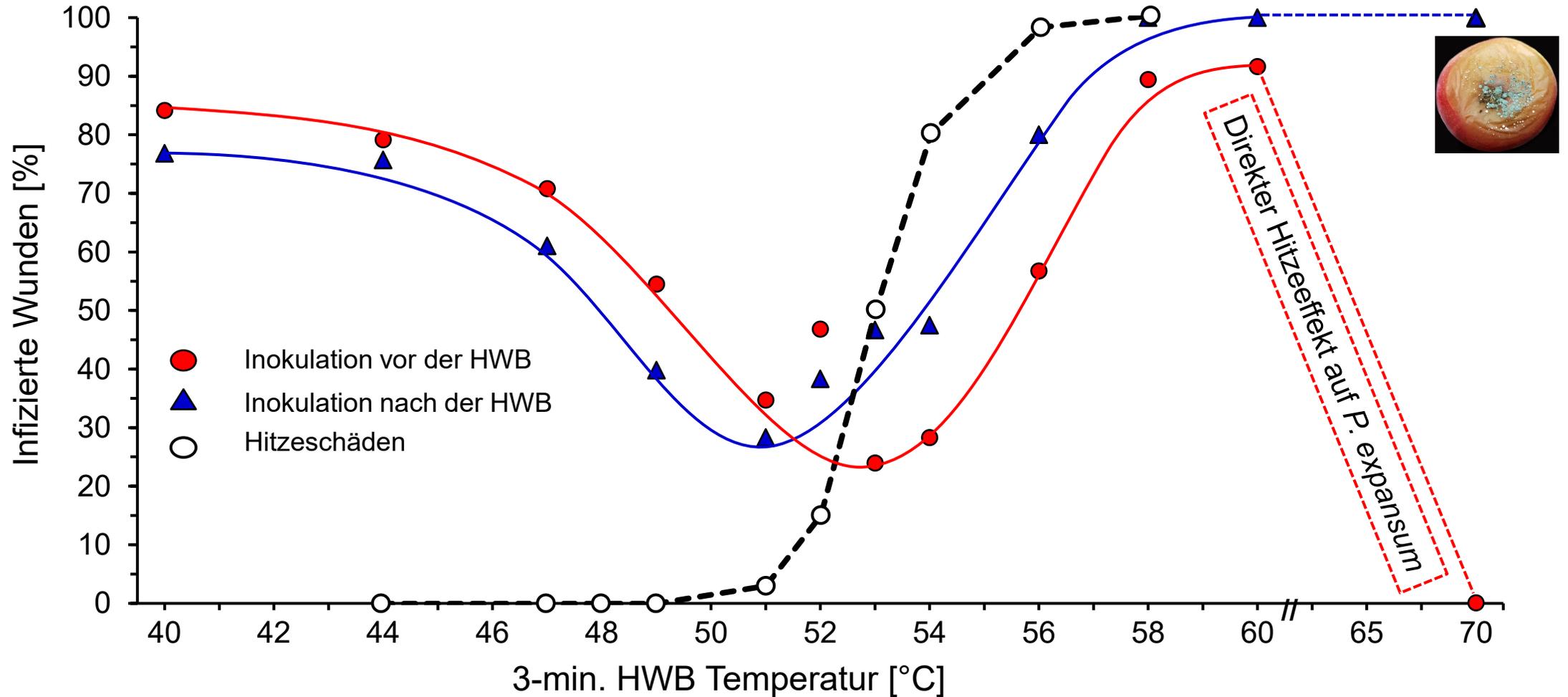
# **Nacherntebehandlung 2.0: Thermische Verfahren**

# Heißwasserbehandlung (HWB) gegen Lagerfäulen



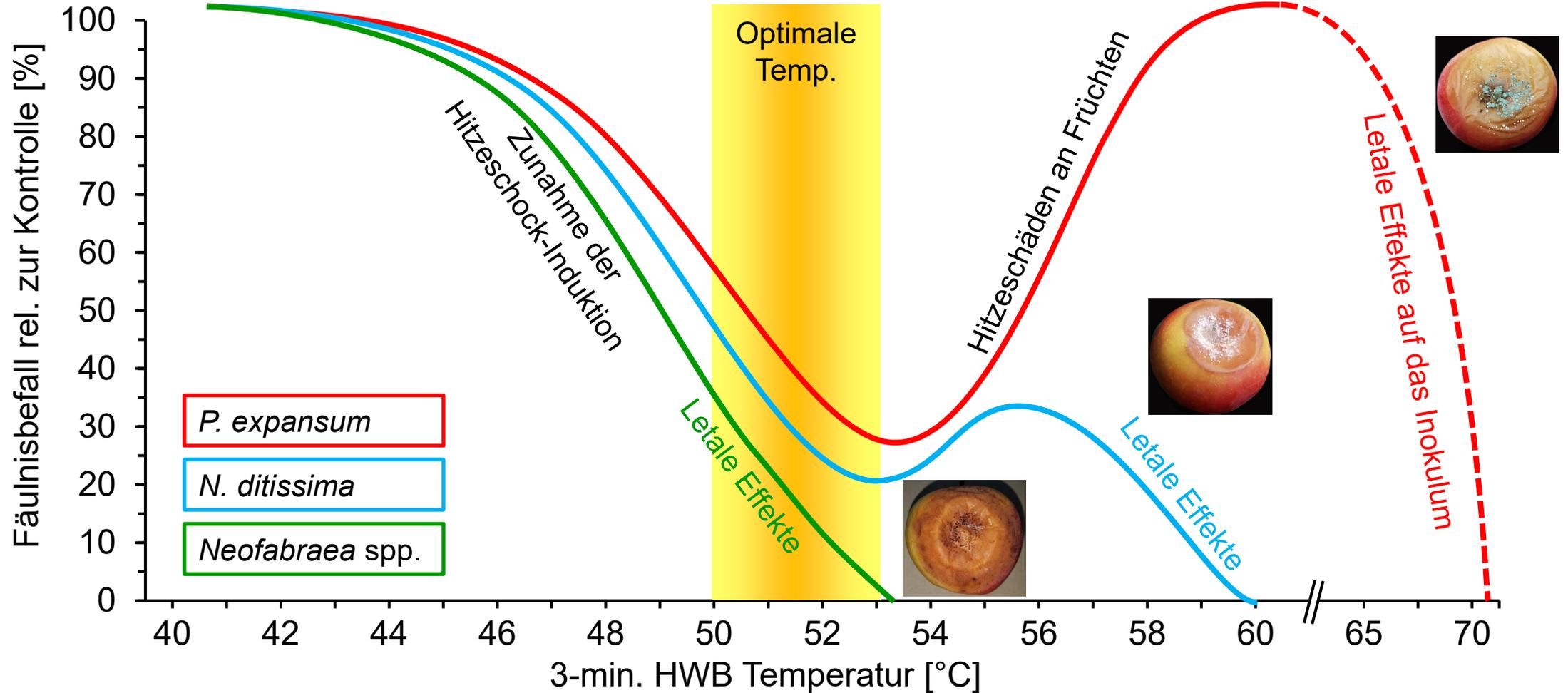
(verändert nach Palm & Kruse, 2007)

# Wirkung der HWB gegen *P. expansum*: Inokulationen vor und nach der HWB



(verändert nach Maxin *et al.*, 2014)

# Wirkung HWB: verschiedene Lagerfäulniserreger



(verändert nach Maxim et al., 2014)

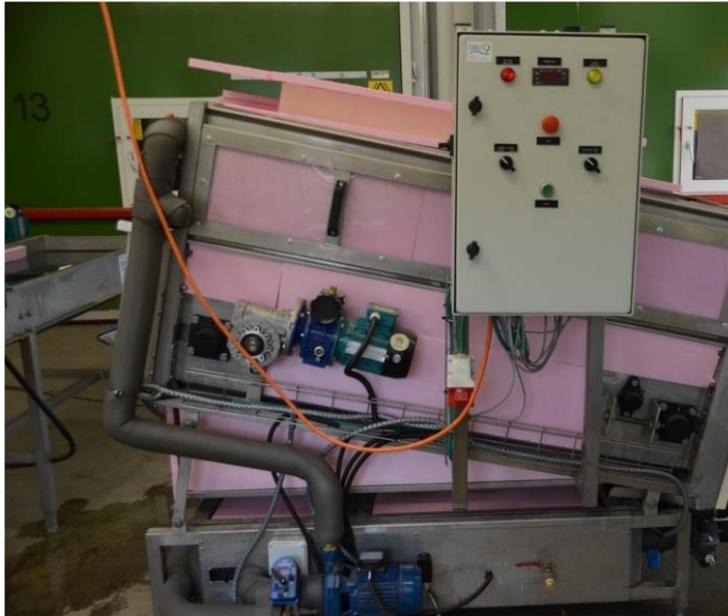
# Klassische HWB: 180 Sekunden tauchen bei 50 °C



Foto: A. Palm, 2017

- Simulation der klassischen HWB:  
Tauchen in 50 °C warmem Wasser für 30 Sekunden (HWT)
  - Vollständig isolierte Tauchwanne
  - Temperatur manuell regelbar
  - Umwälzpumpe im Dauerbetrieb
  - 320 l Wasservolumen
- Maxin & Klopp, 2004:  
*Energiebedarf ~30 kWh t<sup>1</sup> Äpfel<sup>-1</sup>*

# Kurzzeitige HWB mit HW-Dusche Typ "Shelah"



Dusche für kurzzeitige HWB



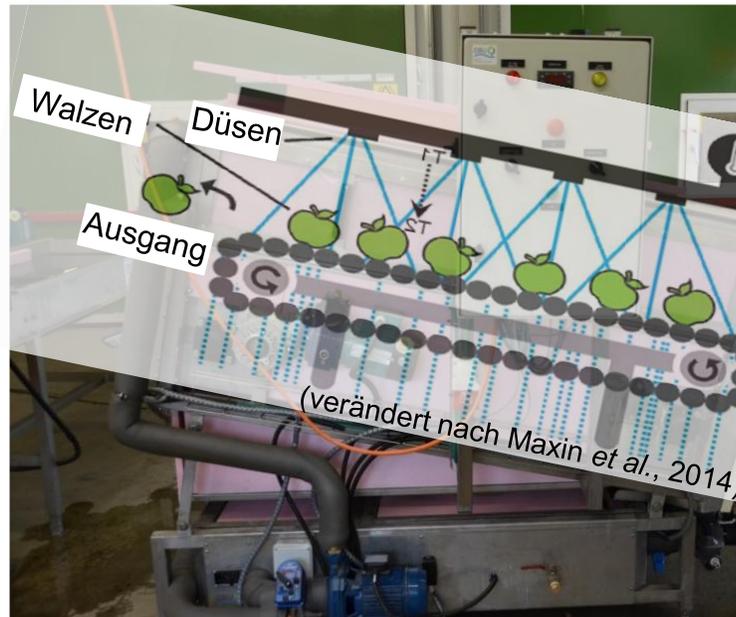
Wärmespeicher und -tauscher



Ölheizung

Kapazität: ca. 1,5 t h<sup>-1</sup>

# Kurzzeitige HWB mit HW-Dusche Typ "Shelah"



Dusche für kurzzeitige HWB



Wärmespeicher und -tauscher

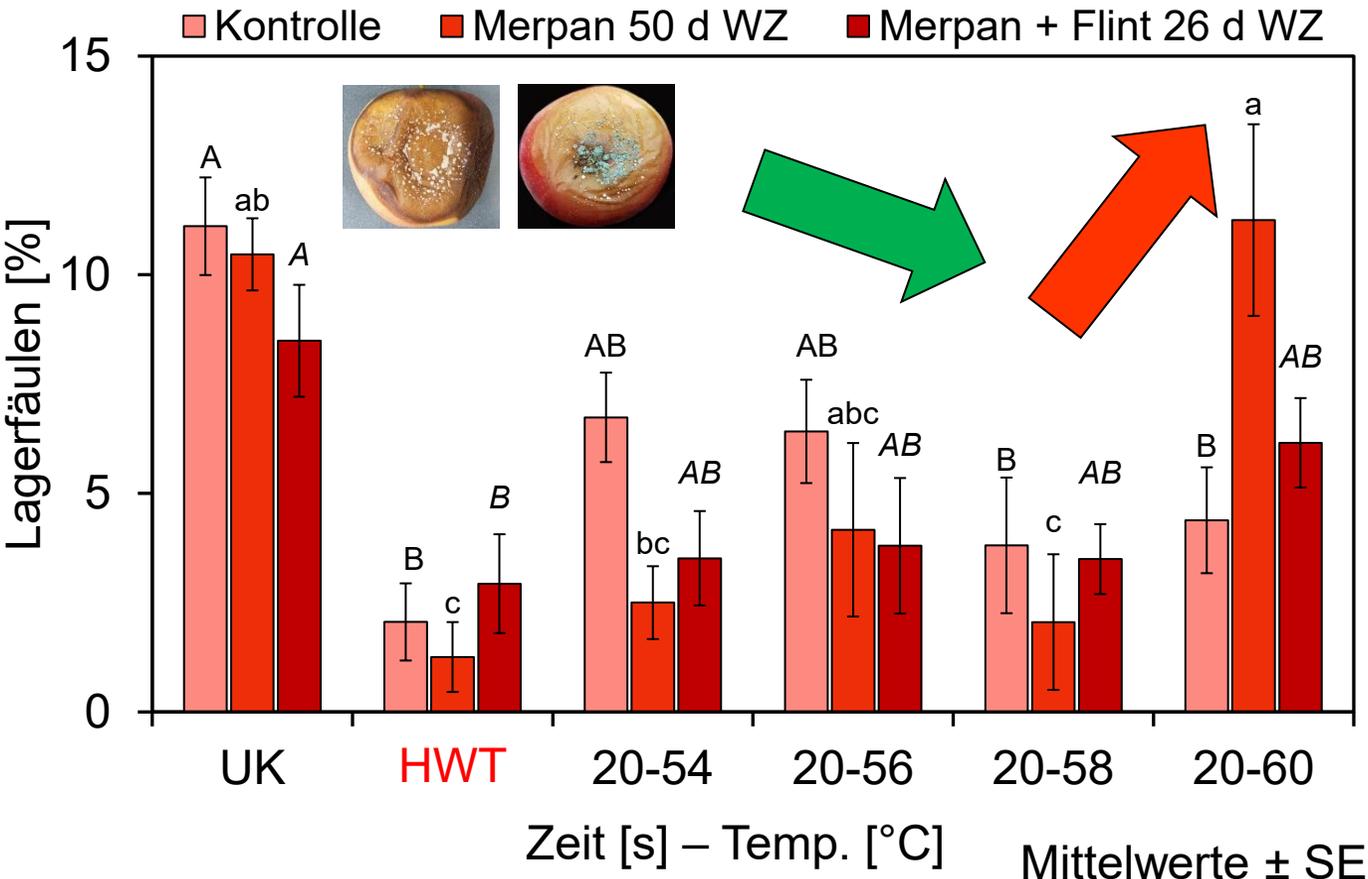


Ölheizung

Kapazität: ca. 1,5 t h<sup>-1</sup>

# Kurzzeitige HWB: Wirkung auf Lagerfäulen

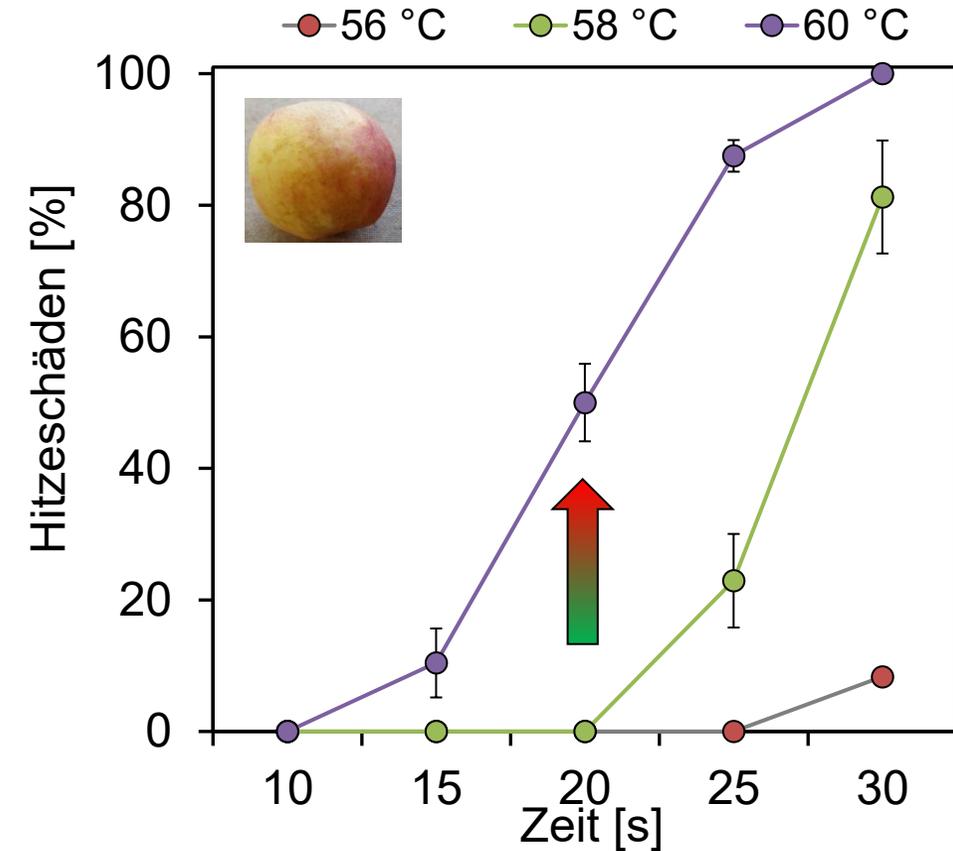
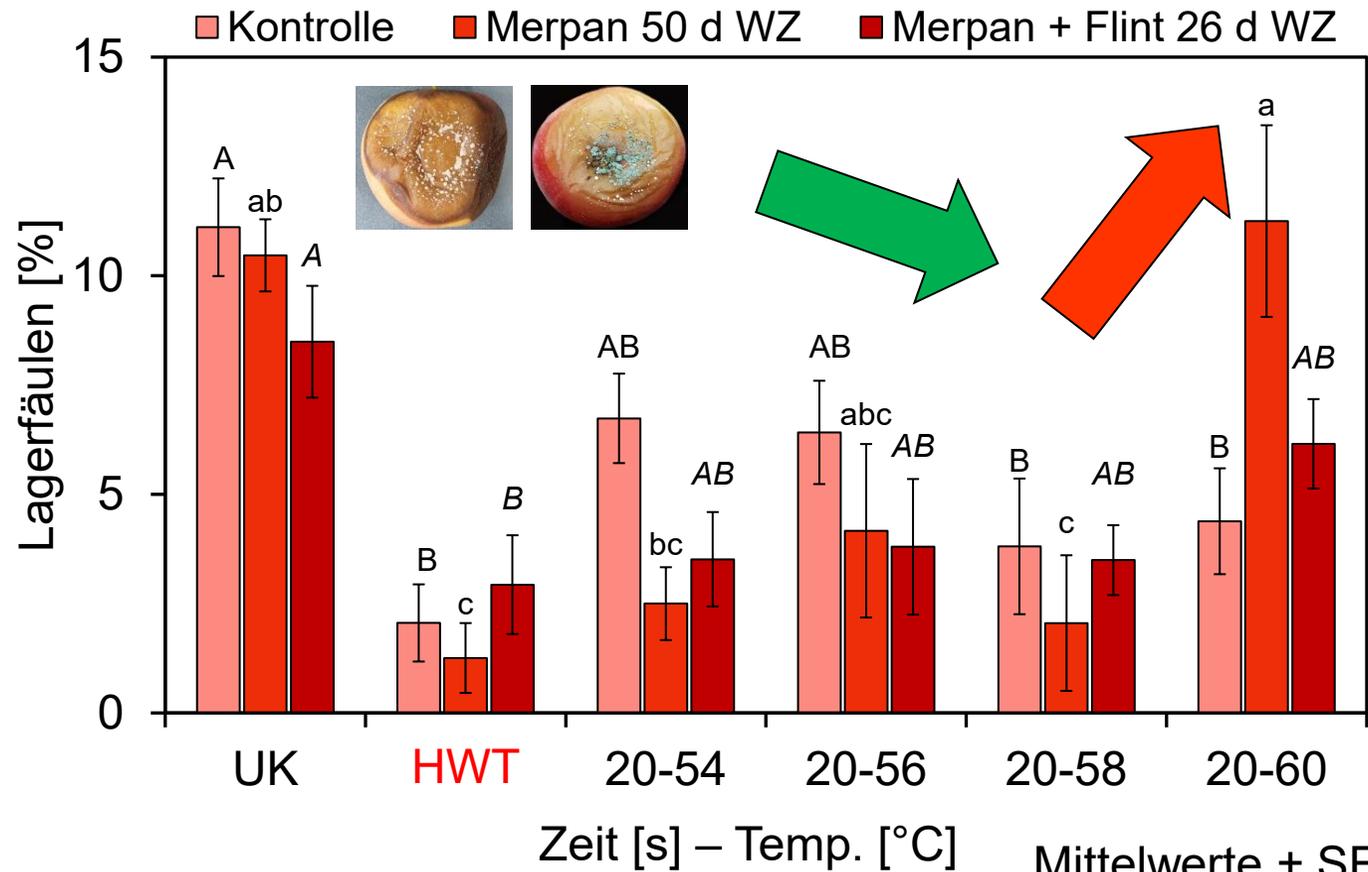
Elstar 2015



- Lagerfäulenbefall wird durch HWB reduziert
- HWB effektiver als Fungizide
- Steigerung T = Zunahme Wirksamkeit bis zu kritischem Punkt
- Kritischer Punkt: Kurzzeitige HWB = klassische HWB (HWT)

# Kurzzeitige HWB: Wirkung auf Lagerfäulen und Hitzeschäden

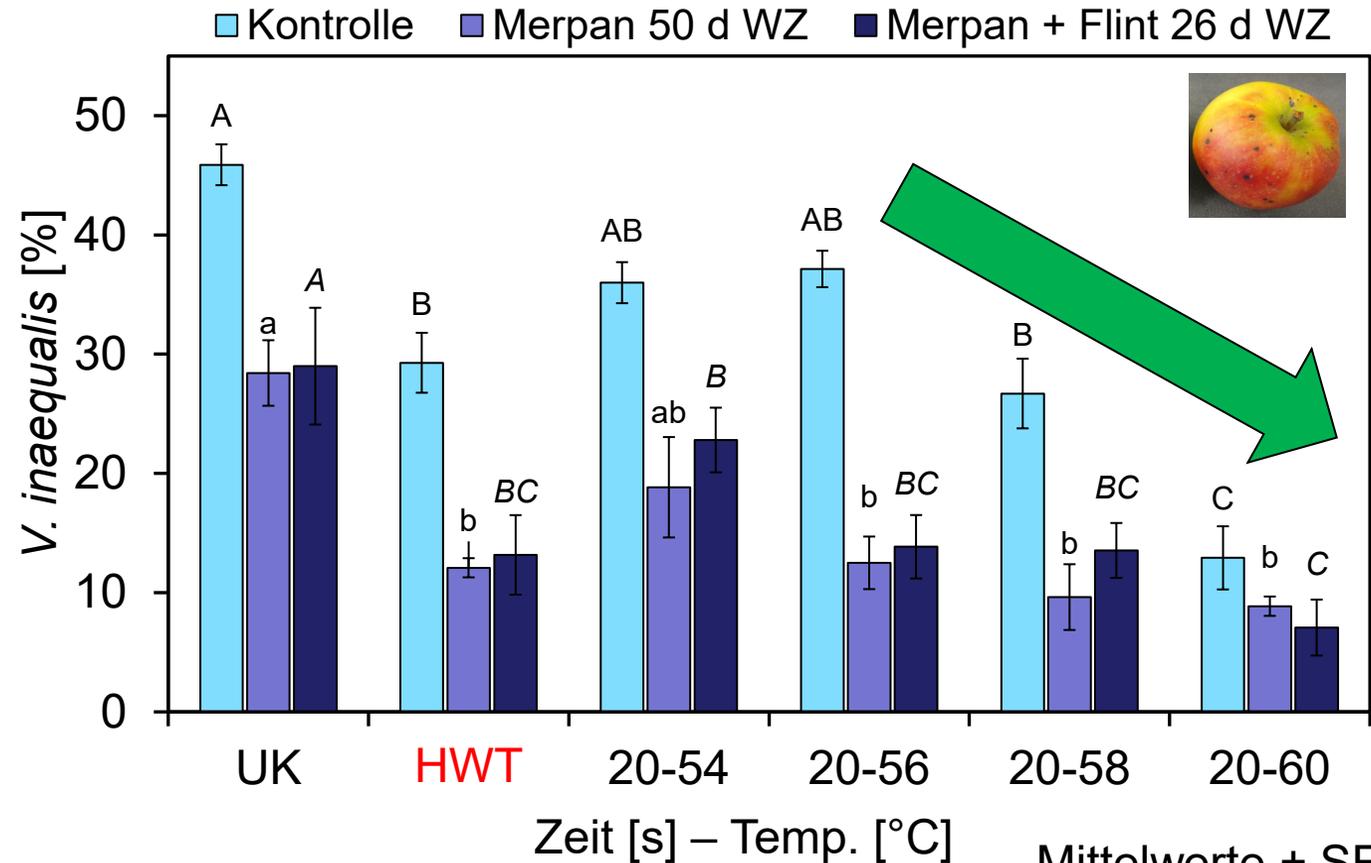
Elstar 2015



Mittelwerte ± SE  
Tukey-HSD ( $\alpha = 0.05$ )

# Kurzzeitige HWB: Wirkung auf Lagerschorf

Elstar 2015

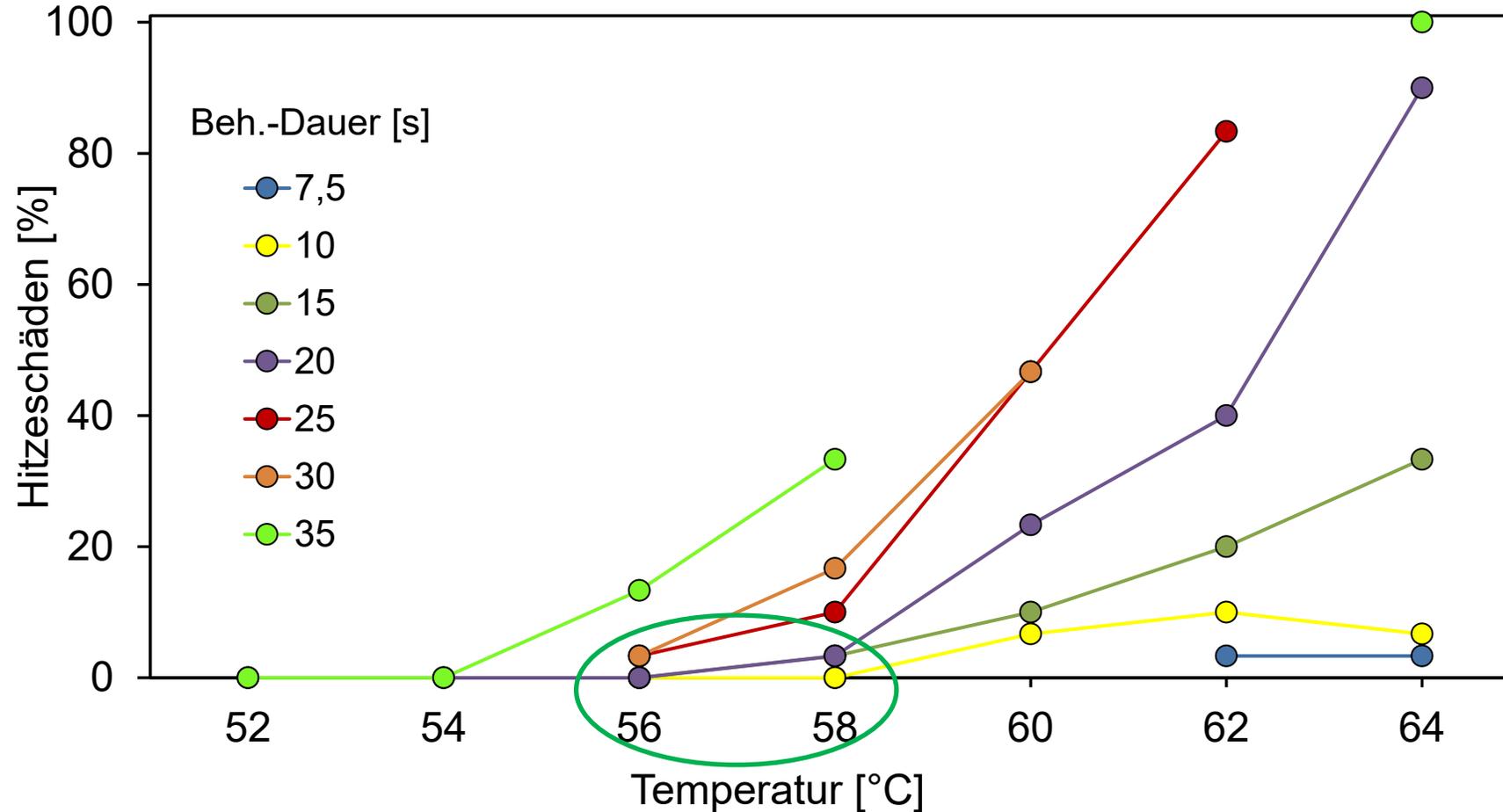


- Lagerschorfbefall wird durch HWB reduziert
- HWB z.T. effektiver als Fungizide
- Steigerung T = Zunahme Wirksamkeit
- Kurzzeitige HWB = klassische HWB (HWT)

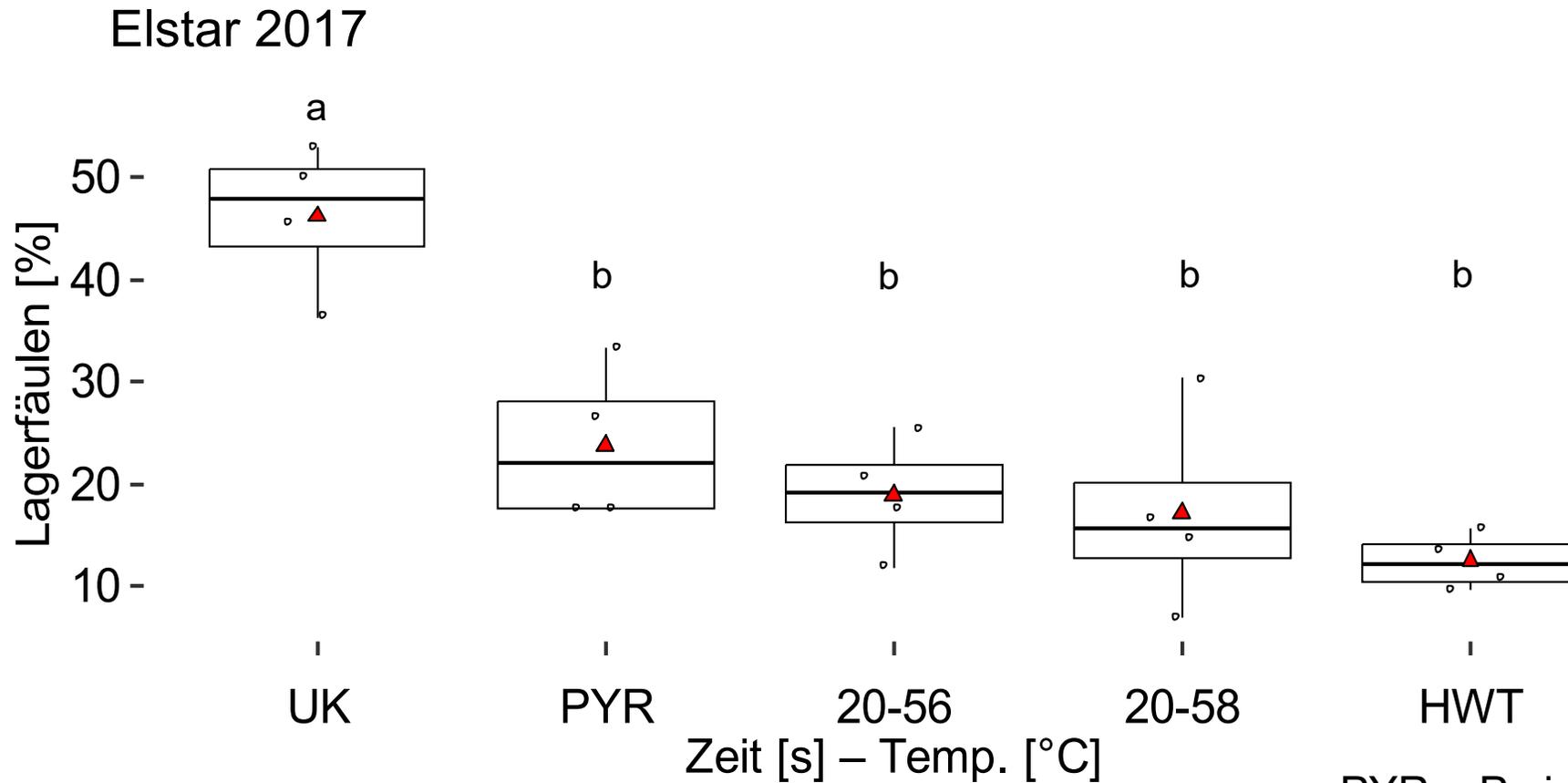
Mittelwerte ± SE  
Tukey-HSD ( $\alpha = 0.05$ )

# Kurzzeitige HWB: Hitzeschäden definieren Behandlungsbedingungen

Golden Delicious 2014

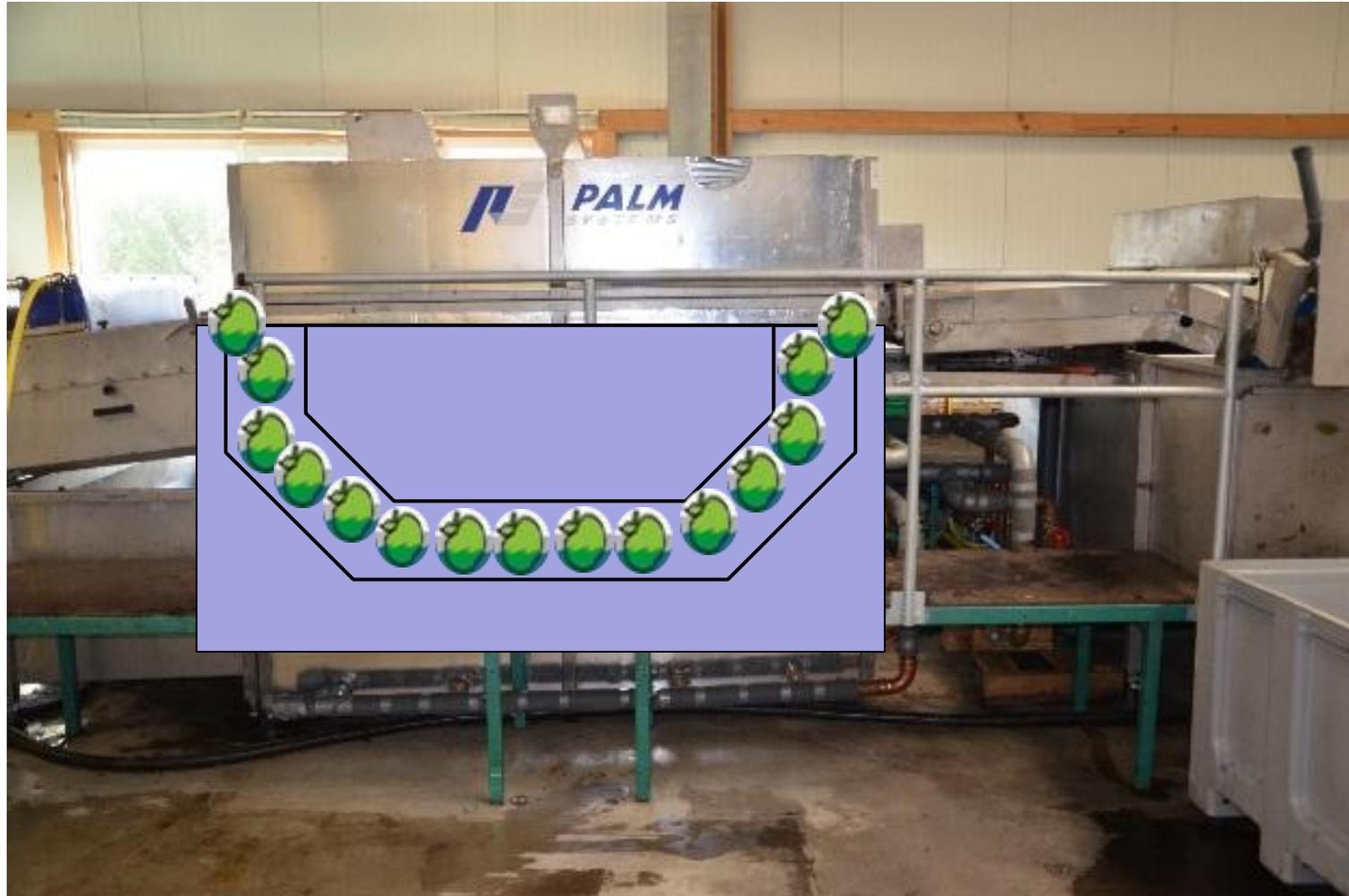


# Wirkung gegen Lagerfäulen: HWB vs. Pyrimethanil



PYR = Pyrimethanil (Xedathane-HN)  
Tukey HSD:  $\alpha = 0.05$

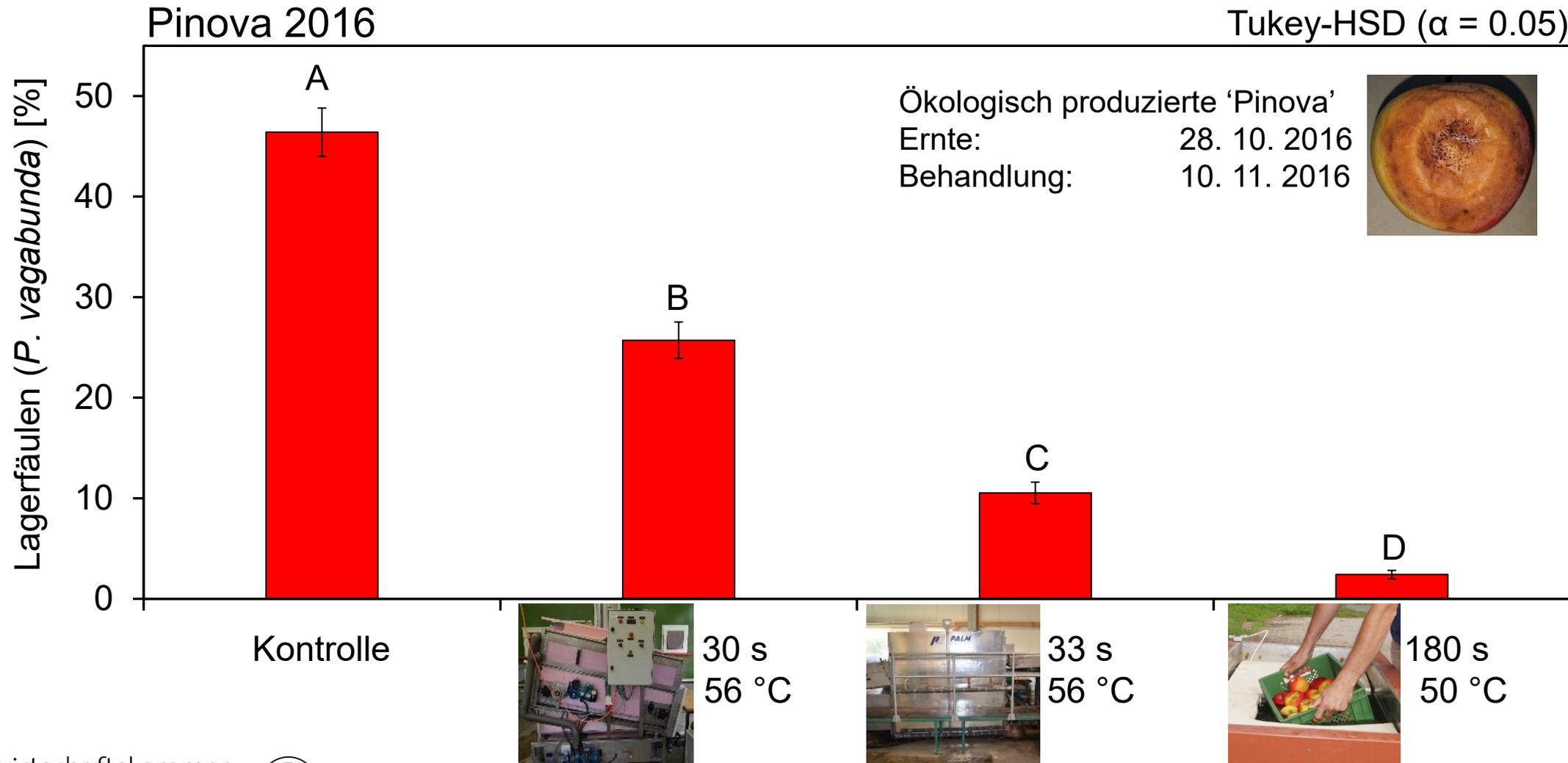
# Kurzzeitige HWB mit Heißwassergerät Typ „Palm“



Kapazität: 10-12 t h<sup>-1</sup>

# Vergleich: kurzzeitige HWB vs. Praxisgeräten vs. klassisches HWT

Mittelwerte  $\pm$  SE  
Tukey-HSD ( $\alpha = 0.05$ )

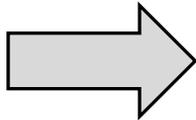




# Energiebedarf der HWB

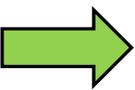
Temperaturveränderung von 320 l Wasser durch Tauchen von 15 kg Red Jonaprince

Behandlungsdauer [s] - Temperatur [°C]	Δ Temperatur [K]
<b>HWT</b>	-0,73
20-56	-0,29
<b>30-56</b>	<b>-0,47</b>
<b>20-58</b>	<b>-0,37</b>
30-58	-0,52



Errechnete theoretische Energieaufnahme

Behandlungsdauer [s] - Temperatur [°C]	Energieaufnahme der Äpfel [kWh t <sup>-1</sup> ]
<b>HWT</b>	17,90
20-56	7,34
<b>30-56</b>	<b>12,04</b>
<b>20-58</b>	<b>9,34</b>
30-58	13,17



Durch die kurzzeitige HWB sind Energieeinsparungen bis zu 60%, realistisch 40-50%, im Bezug auf die Energieaufnahme der Früchte möglich

# Energieverbrauch Heißwassergerät Typ „Palm“



Tatsächlich ermittelter Energieverbrauch je Tonne Äpfel bei HWB für 33 Sekunden bei 55 °C in einem vorgeheizten System

Behandlung	Energieverbrauch [kWh t <sup>-1</sup> ]	Energieaufnahme der Äpfel [kWh t <sup>-1</sup> ]
1. Wdh.	10,3	7,6
2. Wdh.	10,9	8,4
3. Wdh.	8,0	5,5
4. Wdh.	12,9	10,4
<b>Ø</b>	<b>10,53</b>	<b>7,98</b>

➔ Tatsächlicher Energieverbrauch im Praxisbetrieb nur etwa 30% im Vergleich zum HWT

Grundlast etwa 15 kW zur Erhaltung der Wassertemperatur (55 °C) im Betrieb ohne Früchte  
 (Viermalige Messungen des Ölverbrauchs in einem zweistündigen Dauerbetrieb bei 55 °C)

# Groß-Duschanlagen für HWB



Kapazität: 6-12 t h<sup>-1</sup>

Entwickelt von Möstl Anlagenbau,  
Passail, Österreich

Foto: Hanne Lindhard Pedersen, AU, DK

# Fazit

- Bekämpfung von Lagerfäulen und Lagerschorf ist möglich!
- Thermische Nacherntebehandlung mit heißem Wasser (HWB)
  - HWB wirksamer als klassische Fungizide
  - Kurzzeitige HWB = klassisches HWT
  - Sehr hohe Wirksamkeit gegen:
    - N. perennans* und *N. alba*, *P. expansum*, *P. washingtonensis*, *V. inaequalis* und weitere Pilze
  - Hitzeschäden durch zu hohe Temperatur oder zu langer Behandlungsdauer
    - Schäden sind sortenabhängig
    - Ursache für Anstieg von Fäulnisverlusten (vor allem *P. expansum*)
- Kurzzeitige HWB
  - Praxisreifes Heißwassergerät Typ „Palm“
  - Behandlungsparameter: 30 Sekunden bei 56 °C oder 20 Sekunden bei 58 °C
  - Energieverbrauch ca. 10-11 kWh je Tonne Äpfel



*N. perennans*



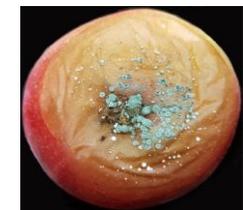
*V. inaequalis*



*N. alba*



*P. washingtonensis*



*P. expansum*

# Kurzzeitige Heißwasserbehandlung im Kernobst

## PRO

- Hohe Wirksamkeit gegen Lagerfäulen und Lagerschorf
- Keine Rückstände
- Resistenzmanagement optimiert
- Geringerer PSM-Eintrag in Naturhaushalt
- Reduzierung PS-Anwendungshäufigkeit
- Flexibilität in der Lagerfäulen- und Lagerschorfbekämpfung
- Bodenschonung
- Öffentliche Wahrnehmung?

## CONTRA

- Hohe Investitionskosten
- Energieverbrauch → aber deutlich geringer als bei klassischem HWT
- Notwendigkeit Früchte nach der Ernte zu sortieren → kann auch Vorteil sein
- Risiko von Hitzeschäden → Sortenempfindlichkeit muss ermittelt werden

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

- Holthusen, H.H.F. (2014). Strategien zur Minimierung von Pflanzenschutzmittel-Rückständen im Kernobst. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **69**: 121-130.
- Holthusen, H.H.F. & Kruse, P. (2023). Verhinderung von Fäulnis am Apfel durch Pyrimethanil-Nacherntebehandlungen. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **78**: 203-212.
- Holthusen, H.H.F., Kruse, P. & Wesche, J. (2024). Wirkung von Pyrimethanil auf Pilzkrankheiten kühl gelagerter Äpfel. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **79**: 299-305.
- Maxin, P. & Klopp, K. (2004). Die Wirkung des Heißwassertauchverfahrens gegen biotische Lagerschäden im ökologischen Obstbau. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **59**: 349-356.
- Maxin, P., Williams, M. & Weber, R.W.S. (2014). Control of fungal storage rots of apples by hot-water treatments: a Northern European perspective. *Erwerbs-Obstbau* **56**: 25-34.
- Palm, G. & Kruse, P. (2007). Verhinderung von Lagerfäulen und Lagerschorf bei Äpfeln mit Heißwasser, Hefen, 1-MCP, Calcium-Salzen und Fungiziden. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **62**: 231-236.
- Palm, G. & Kruse, P. (2012). Untersuchungen zur Verhinderung von Lagerfäulnis bei Äpfeln durch Nacherntebehandlungen. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **67**: 342-347.
- Schlie, T.-P. & Köpcke, D. (2025). Nacherntemanagement im Fokus. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **80**: 151-160.
- Schulte, E. (1997). *Bitterfäule des Apfels - Infektion, Infektionsbedingungen, Auftreten im Lager, Bekämpfung* (Dissertation). Universität Hannover.
- Wesche, J. & Weber, R.W.S. (2023). Welche Fungizide könnten gegen *Neonectria*-Fruchtfäulen wirken? *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **78**: 169-176.



**Herzlichen Dank an Johanna Nodop-Kruse  
und alle Kolleginnen und Kollegen für die  
vielfältige Unterstützung**