

# Praxistaugliche Prognose von physiologischen Lagerkrankheiten: Wie weit sind wir beim Apfel?

## Roy McCormick

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Arbeitsgruppe Ertragsphysiologie & Produktionstechnik  
(davor Lagerung und Nacherntephyiologie)  
KOB

Lagerseminar:

20 August 2025 Markdorf, DE

21 August 2025 Agroscope Wädenswil, CH



# Praxistaugliche Prognose von physiologischen Lagerkrankheiten: Wie weit sind wir beim Apfel?

## Physiologische Lagerkrankheiten

- Sind eine Stoffwechselstörung
- Keine Pilze o. mechanische Beschädigung
- Sind vielfältig und Sortenabhängig
- Sehr schwer zu prognostizieren
- **Robuste Prognosemethode fehlt**



## Forschungsansatz



- 'Big Data' Versuch mit maschinellem Lernen (2016-2023)
- Sorte 'Braeburn' Kernhausbräune (Kavernen, Stippe, Schalenbräune)
- Ziel: Vorhersage mit Blackbox Modellen

## Praktische Maßnahmen (bereits bekannt)

- Verhältnis zwischen Früchten und Blättern
- Informationsaustausch zwischen den Vor- und Nachernte-Bereichen

# 2015: BLE ruft zur Förderung digitaler Technologien auf

## BigApple 2016-2019 (Vorhersage mit Daten)



## Apfel4.NULL 2020-2023 (Vernetzung von Daten)



Diese Projekte wurden vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) auf Grundlage eines Beschlusses des Deutschen Bundestages über das Bundesamt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Innovationsförderprogramms unterstützt.

# Wie entstehen physiologische Lagerkrankheiten?

**Wetter / Standort**

**Nacherntelagerung**

**Fruchtqualität + Haltbarkeit**

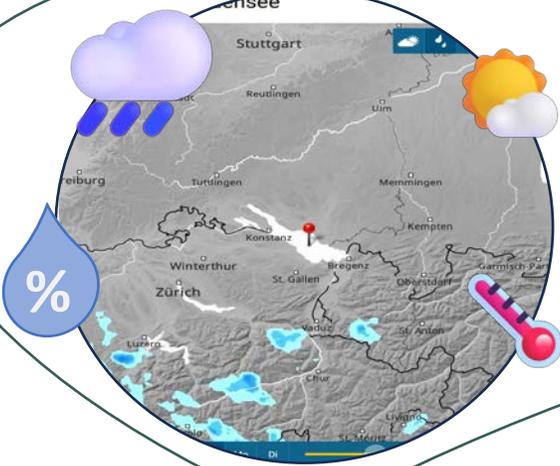


**Bewirtschaftung**

**Erntetermin / Reifeprozess**



**Kausalmodell nach J. Streif**



## Versuche in der Obstanlage:

Temperatur / Behang / Erntezeitpunkt /  
Position am Baum / Calciumspritzung  
/ Wurzelschnitt



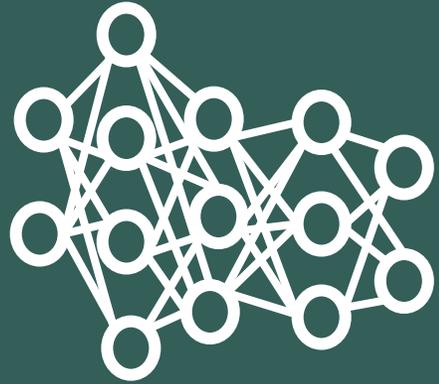
## Versuche im CA Lager:

Direkte / Verzögerte Einlagerung  
Zeitpunkt der Raumöffnung

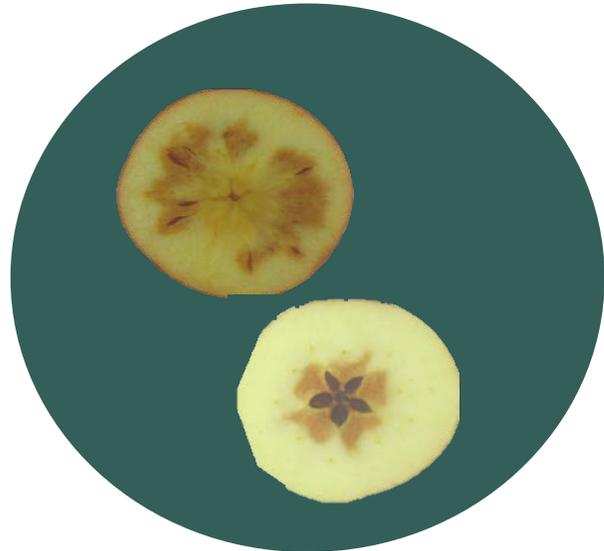
Bonitur  
von 0 bis 3  
Festigkeit gemessen



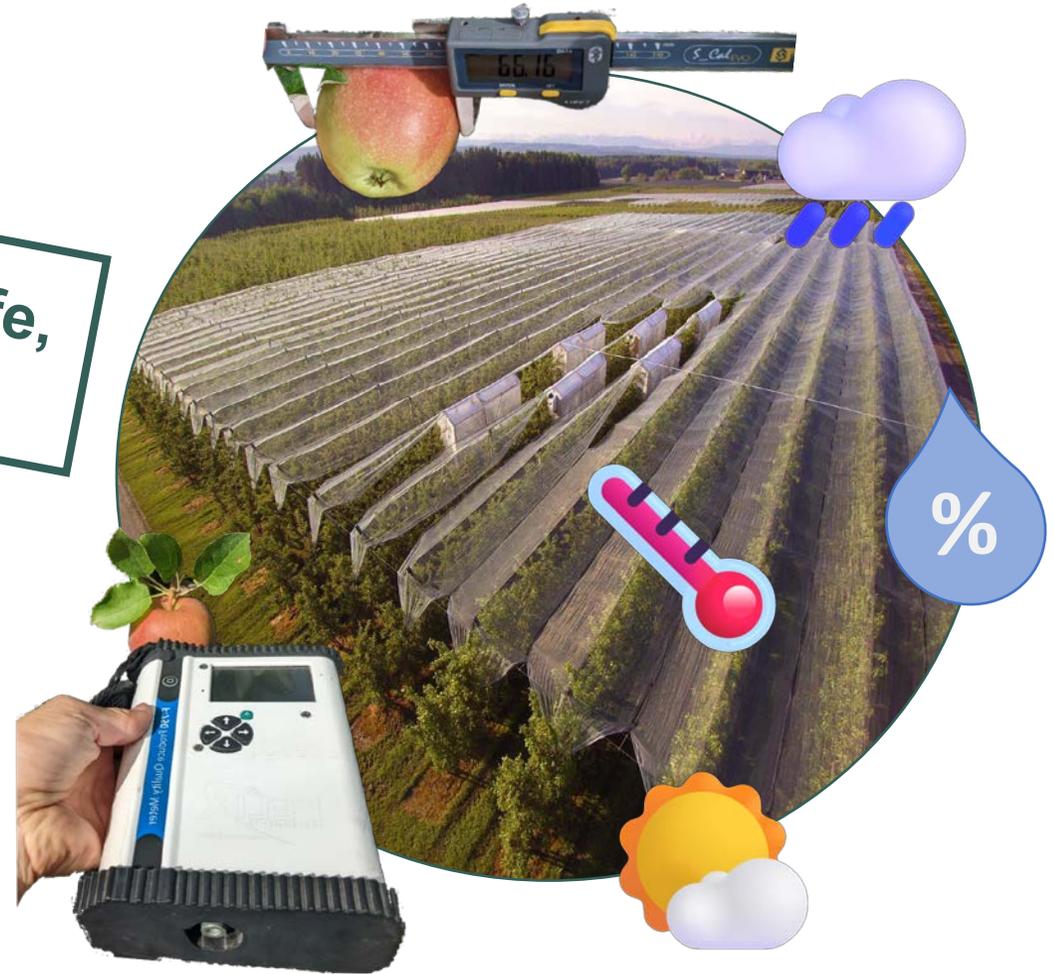
# Datenerfassung nach Junifruchtfall bis Ernte



Prognose



Wetter, Behang, Reife,  
u.s.w. (alle Daten)



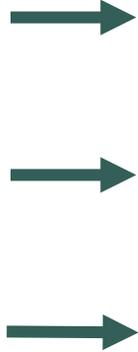


# Blackbox (erster Arbeitsschritt)

Eingang



Behandlungs-  
information



Zeitreihenmodell

$$x_{k+1} = f(x_k, u_k | \theta_i)$$

Modell Parameter  $\theta_i$

Zustand \*

$(x_1, \dots, x_N)$

Rote Pigmente  
Grüne Pigmente  
Zucker  
Trockensubstanz

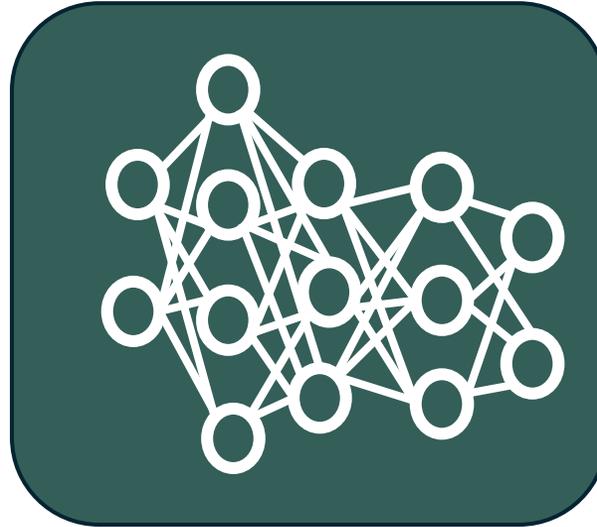
## Eingabedaten:

- Wetterdaten (aktuell, in Echtzeit)
- Die Spektraldaten (nur als Referenzwerte)
- Behandlungsinformation (als Einstellwerte)



# Blackbox (zweiter Arbeitsschritt)

Spektral Zeitreihen  
+  
Auslagerungsdaten



Prognose für  
Verbräunungswerte  
Festigkeitswerte

Wenn die Blackbox Prognose in **Echtzeit** vorliegen

- Dann können wir das Erntefenster festlegen
-  ...  ..  Start ..... und  ...und  Stopp der Ernte
- Auch eine Entscheidung über kurz- oder langfristige Lagerung

# Projektergebnisse: zur Vorhersage der Lagerqualität



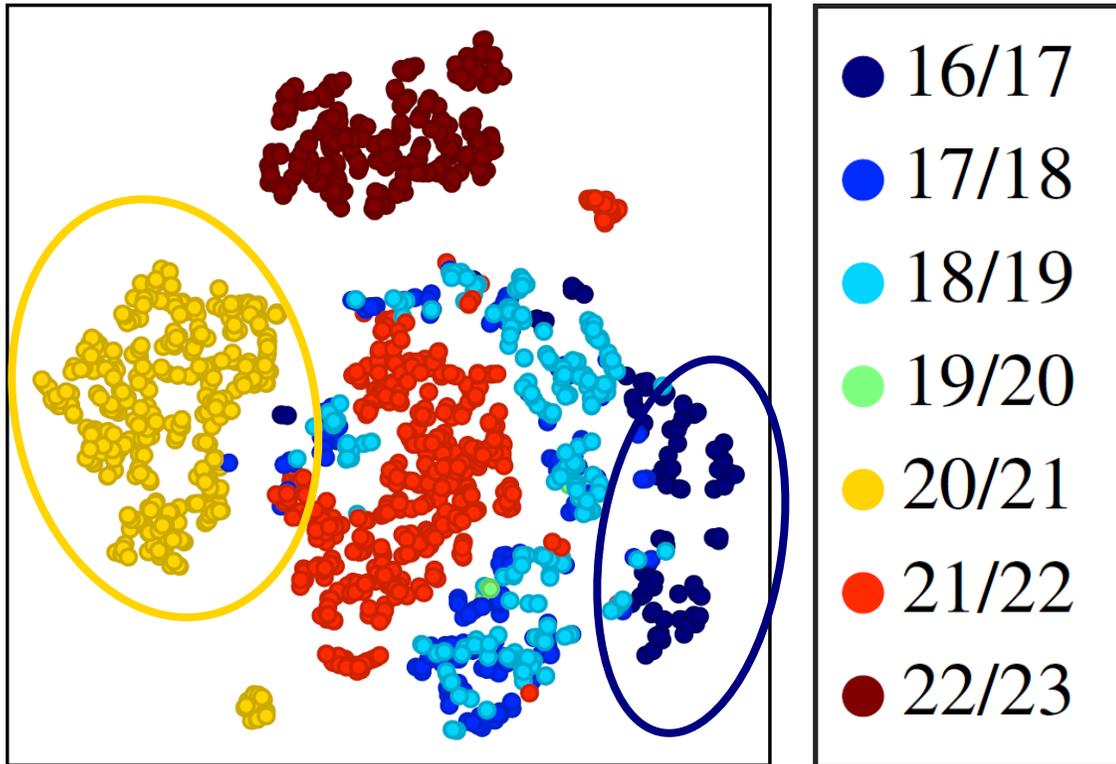
Zuverlässige Prognose der inneren Verbräunung mit Trainings\*- und Validierungsdaten\* für alle sieben Studienjahre

**Für zwei von sieben Saisons war eine Vorhersage für eine unabhängige Saison mit einer Genauigkeit von über 67 % möglich**

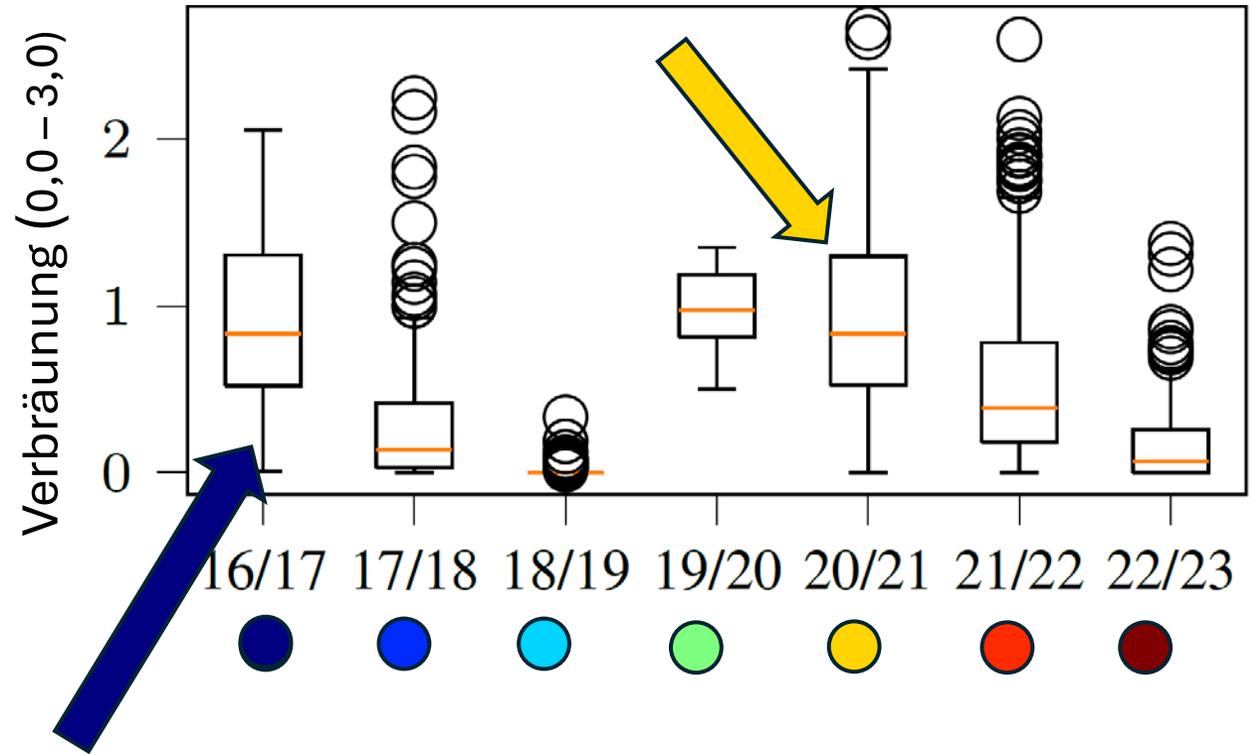
Vorhersage der Fruchtfestigkeit vor der Ernte und während der Lagerung möglich

\* ähnlicher Verlauf notwendig

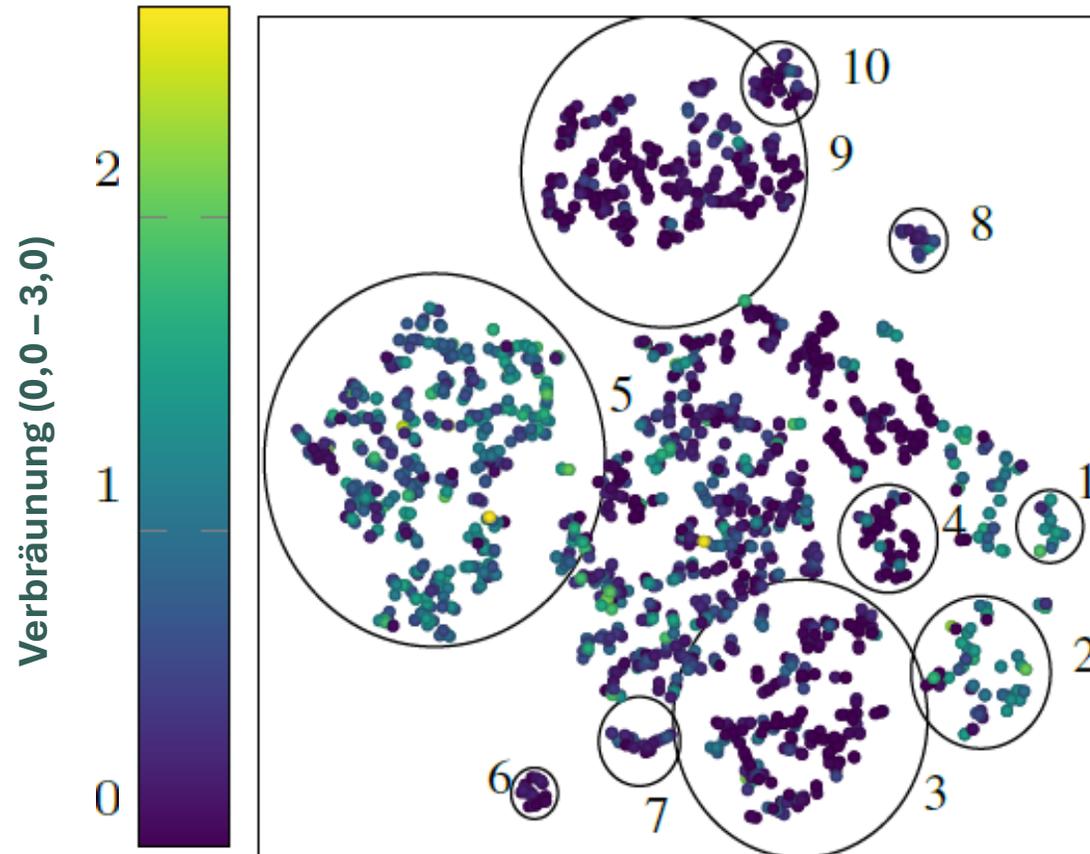
# Grafische Visualisierung der Blackbox (Abstand zwischen Lagersaison)



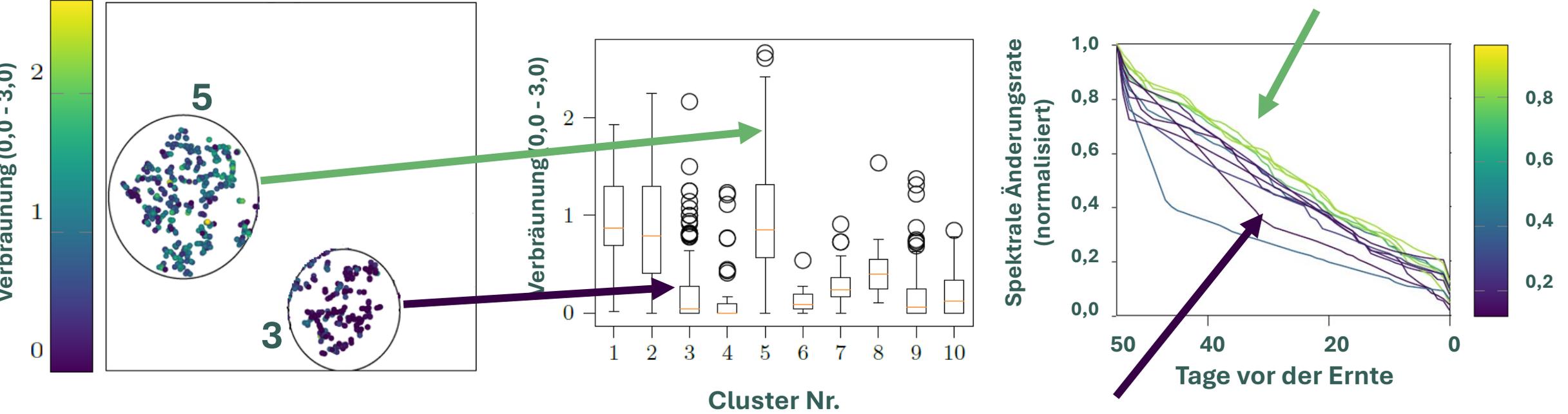
**Abstand**  
(zwischen Clusters / Daten Punkte)



# Grafische Visualisierung der Blackbox ( nach Verbräunungswerte)



# Cluster-Trennung basiert auf der Rate der spektralen Veränderung (als Mittelwerte) vor der Ernte

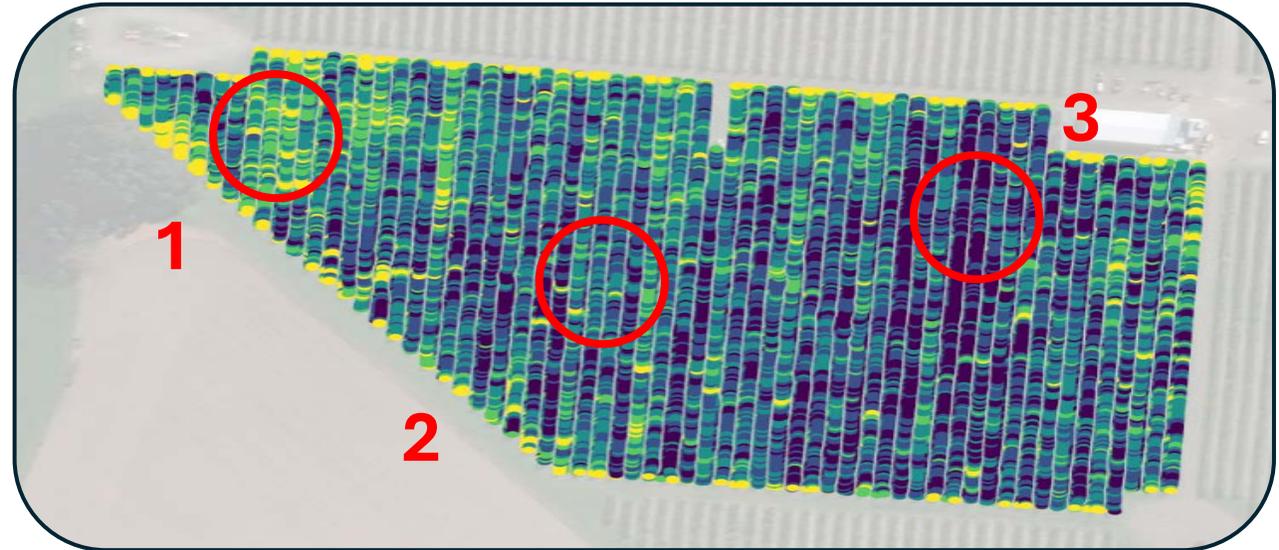


## Kann Big Data u. Maschinelles Lernen die Lagerqualität vorhersagen?

- Big Data und maschinelles Lernen können eine robuste Prognose für Fruchtqualität liefern
- Die Bedingungen während der Reifung am Baum vor der Ernte haben einen starken Einfluss auf physiologische Lagerkrankheiten (*Innere Verbräunung bei Braeburn*)
- wir brauchen mehr Daten und einen systematischen und koordinierten Forschungsansatz für ein robustes Modell

**Bereits bekannte praktische Maßnahmen .....**

# Einfluss der Frucht:Blatt Verhältnisse bei ‚Envy®‘-Äpfeln

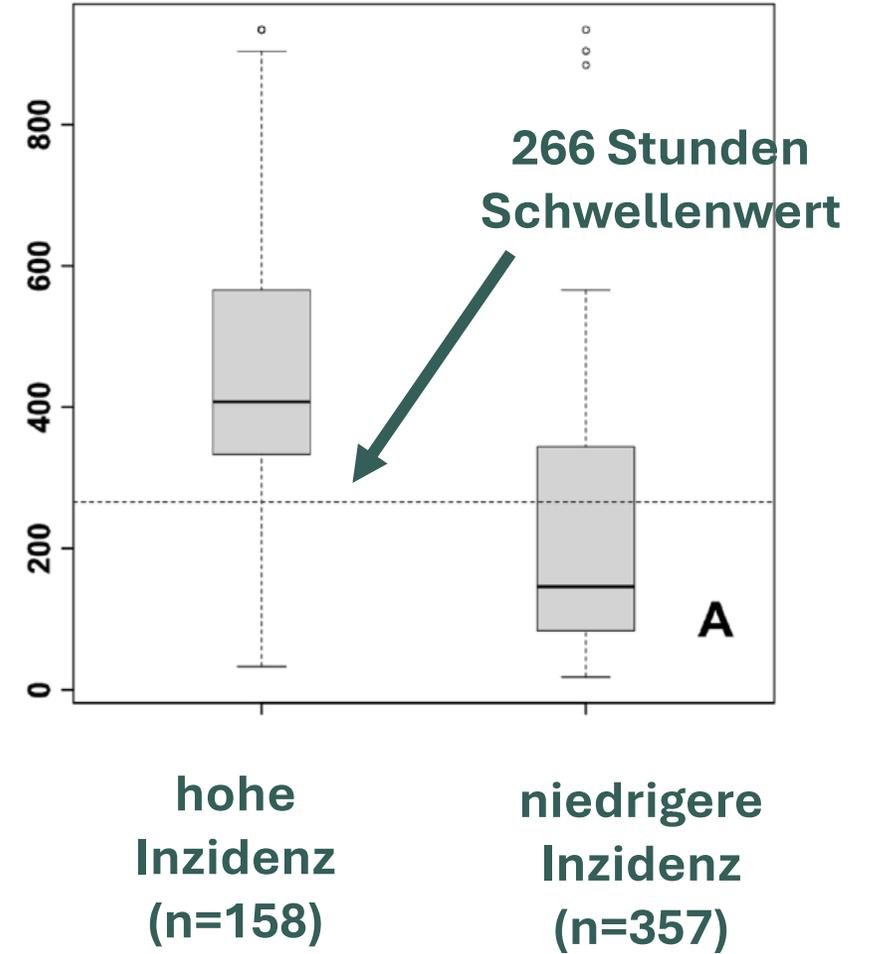


Farbcode	Nr. Frucht/ Blattfläche (m <sup>2</sup> )	% innere Verbräunung		
		1	2	3
Yellow	0-15	12,8%		
Green	15-30			
Teal	30-45		2,0%	
Blue	45-60			0,5%
Purple	60+			

# Einfluss der Vorernte Temperatur

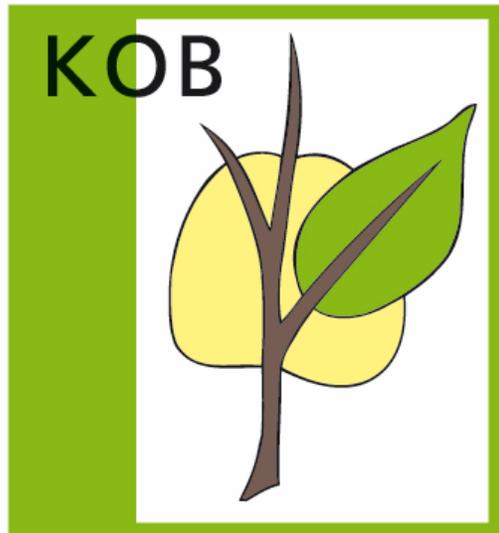


Stunden  $<10^{\circ}\text{C}$  in den vier  
Wochen vor der Ernte



## Praktische Maßnahmen nach der Ernte zur Vermeidung physiologischer Lagerkrankheiten

- Vorernte-Ermittlung des Behangs und entsprechendes Erntemanagement z.B. getrennte Ernte nach Behang
- Ein optimalen Nachlagerungsregime z.B. Nachernte Behandlung basierend auf der erwarteten Qualität sowie Prognose und Dauer der Lagerung
- Verbesserter Informationsaustausch zwischen Vor- und Nachernte



KOMPETENZZENTRUM  
OBSTBAU BODENSEE



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**ptble**

Projekträger Bundesanstalt  
für Landwirtschaft und Ernährung

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

## Danksagungen

An den Arbeiten war eine große Anzahl von Personen beteiligt, insbesondere Konni Biegert, Nils Siefen, Josef Streif, KOB Physiologie- und KOB Lager-Teams, KOB Außenbetrieb, TU Chemnitz Mitarbeiter, Pavel Osinenko, Lukas Munser, Grigory Devadze, Stefan Streif. WOG und MaBo Berater:in, Erich Röhrenbach. Alle BigApple and Apfel4.NULL Partner und zahlreich studentische Hilfskräfte am KOB.



PHYSIOLOGY\_KOB