



„Erfolgreiche Silierung im Klimawandel“

**8. Norddeutscher Biogas-Branchentreff, Rendsburg
19.9.2024**

Dr. Ewald Kramer, ISF GmbH

Einführung

- Silierung = Fermentation >> Altbekannte Technik zur Haltbarmachung/ Konservierung von Lebensmitteln und Futtermitteln (z.B. Sauerkraut, Sauerteig, Kimchi)



- Umwandlung von Kohlenhydraten in konservierende Gärsäuren und/oder Alkohole
- Silageproduktion auf landwirtschaftlichen Betrieben seit Jahrzehnten eine Routine
- Silageproduktion weltweit mit großem Einfluss auf Wirtschaftlichkeit der Betriebe, aber auch auf den ökologischen Fußabdruck der landwirtschaftlichen Betriebe
- Zunehmende Herausforderungen für die Silageproduktion durch „Klimawandel“

Mögliche Verluste bei der Silierung

Verlustursache	Bewertung	Energieverluste (%)	Verbesserung durch passendes Siliermittel
Restatmung	unvermeidbar	1 - 2	Nein
Feldverluste	Verfahrensabhängig	1 - 5	Nein
Silagesickersaft	verfahrensabhängig	0 - 8	Nein
Fehlgärungen (anaerob)	vermeidbar	0 - 10	Ja
Aerober Verderb (im Silo/ Nacherwärmung)	vermeidbar	0 - 20	Ja

(DLG- Praxishandbuch Futterkonservierung, 2011)

Anaerober Stoffwechsel (Lagerphase): Erwünscht vs. unerwünscht

Erwünschter Stoffwechsel durch Milchsäurebakterien:

- a) Glucose (Fructose) \gg 2 Milchsäure + 2 H₂O
- b) Glucose (Fructose) \rightarrow Milchsäure + Essigsäure + CO₂ + H₂O
- c) 2 Milchsäure \rightarrow Essigsäure + 1,2-Propandiol + CO₂ + H₂O

Unerwünschter Stoffwechsel durch Gärschädlinge:

a) Hefen:

Glucose \gg 2 Ethanol + 2 CO₂ + 3 H₂O (48,9 % Massenverlust und 0,2 % Energieverlust)

b) Enterobakterien:

Glucose \rightarrow Essigsäure + Ethanol + 2 CO₂ + 2 H₂O (41,1 % Massenverlust, 16,6 % Energieverlust)

c) Clostridien:

2 Milchsäure \rightarrow 1 Buttersäure + 2 CO₂ + H₂O (51,1 % Massenverlust, 19 % Energieverlust)



Grassilage, völlig fehlverdorben durch Clostridien

Aerober Stoffwechsel = Verluste (Öffnung)

Was?

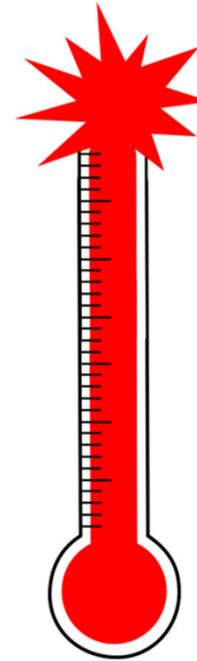
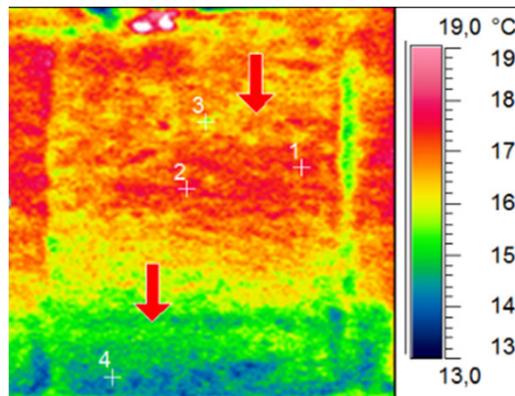
Unerwünschter Stoffwechsel durch Gärschädlinge: **VERATMUNG**

Wer?

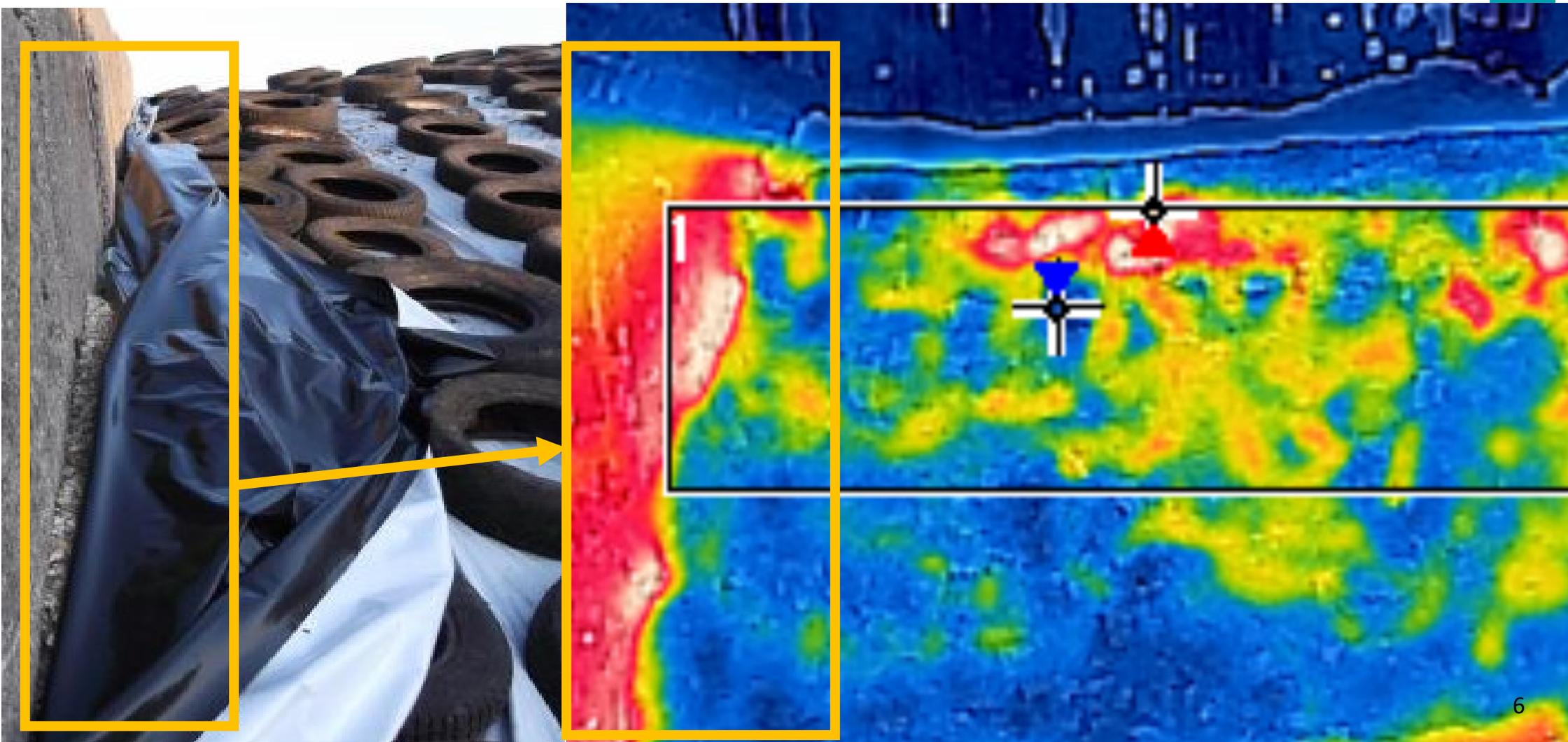
Hefen, Schimmelpilze, aerobe Bakterien etc.:

Wie genau?

Zucker/ Gärsäuren/ Alkohole >> $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Wärme}$
(100 % Massenverlust und 100 % Energieverlust)



Aerober Stoffwechsel = Verluste (Öffnung)

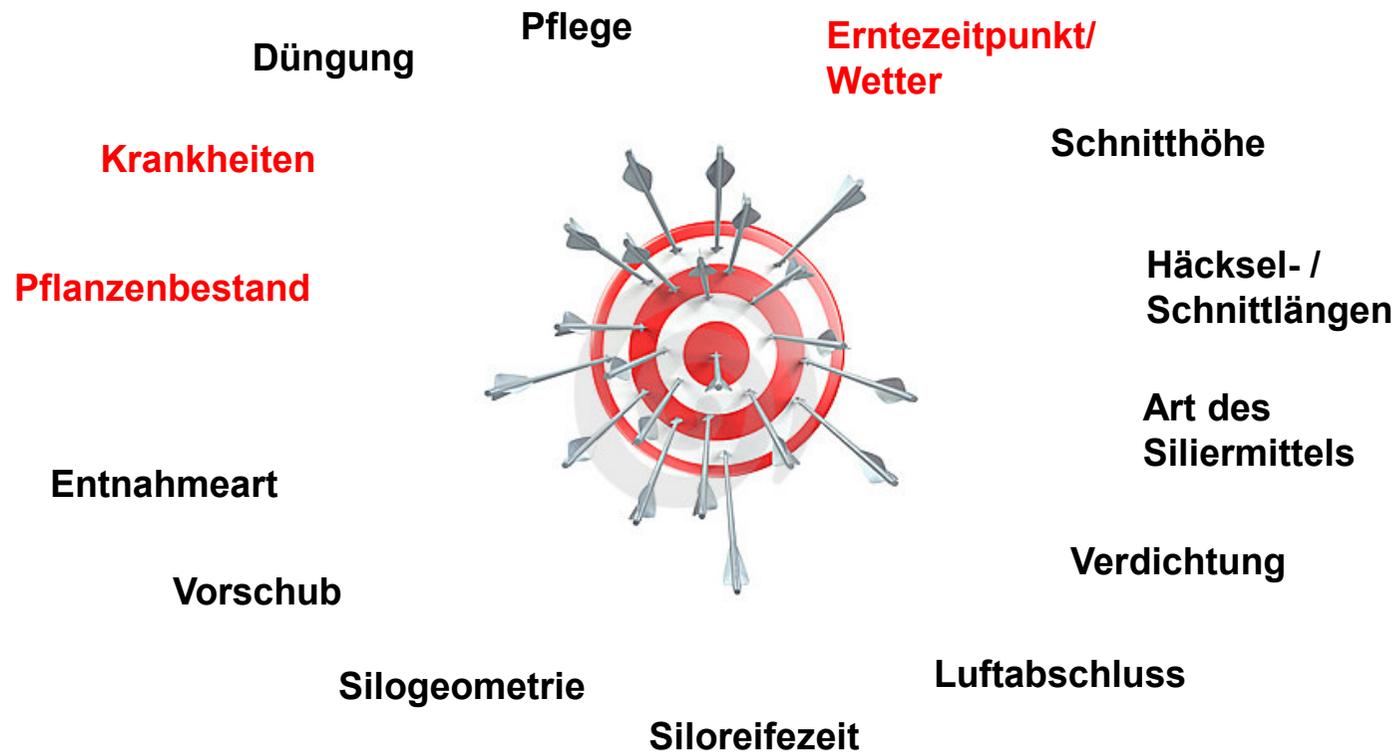


Durchschnittliche Silierverluste auf deutschen Praxisbetrieben (Gewichtsmessung „Silo in“ vs. „Silo out“)

Silage	Ø TM-Verluste (%)	Min- Max- TM-Verluste (%)	(LfL Grub, 2012)
Grassilage (n=17)	13	4 – 27	
Maissilage (n= 9)	14	3 – 20	

- Die durchschnittlichen Verluste auf den landwirtschaftlichen Betrieben sind seit Jahren zu hoch
- Die Höhe der Verluste wird durch eine Vielzahl an Managementfaktoren beeinflusst
- Verlustgeschehen nicht nur ökonomisch, sondern vermutlich zukünftig stärker ökologisch relevant
- Klimawandel begünstigt das Auftreten von Verlusten

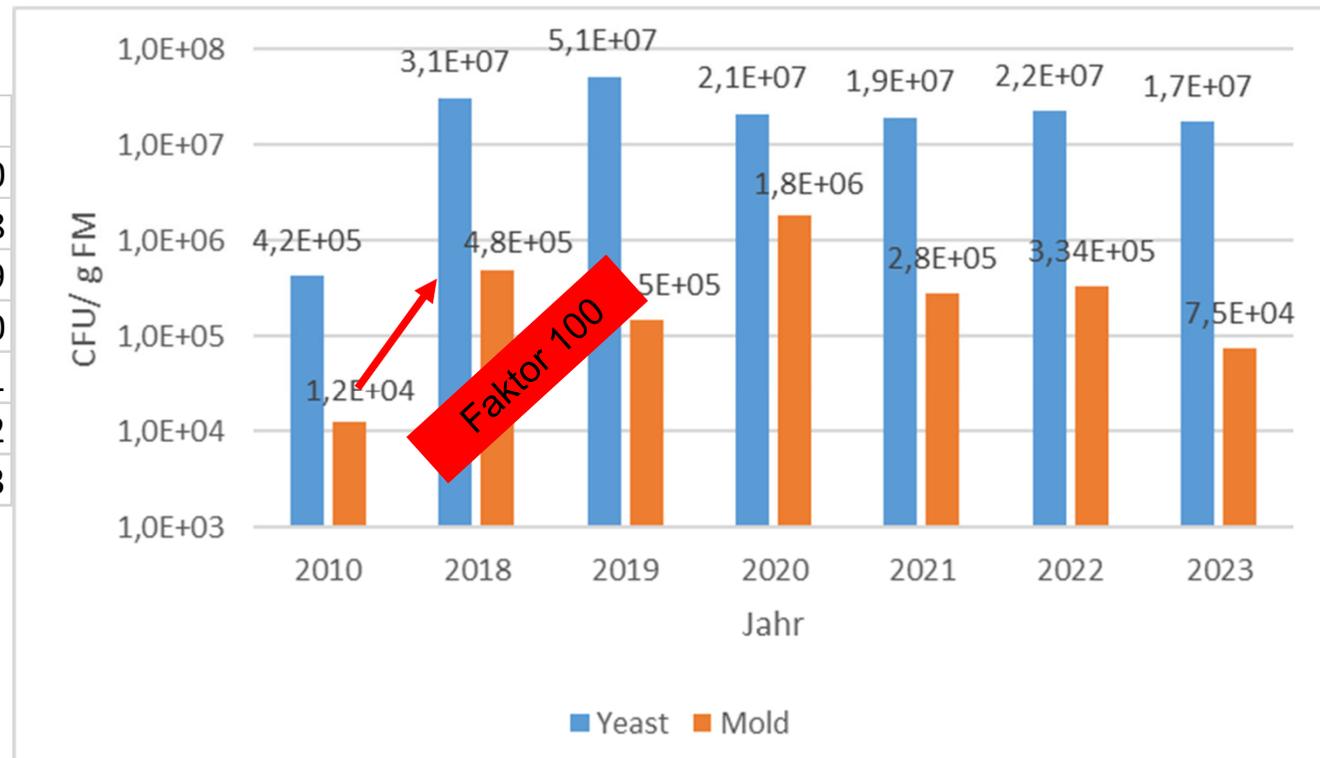
Lenkungs- und Kontrollpunkte im Prozess der Silagebereitung



Das Ziel – hochwertige, energiereiche und hygienisch einwandfreie Silagen

Entwicklung des Hefen- und Schimmelbesatzes auf Maispflanzen vor der Ernte im Verlauf der letzten 15 Jahre

No. of samples	Year
21	2010
56	2018
102	2019
149	2020
166	2021
229	2022
267	2023



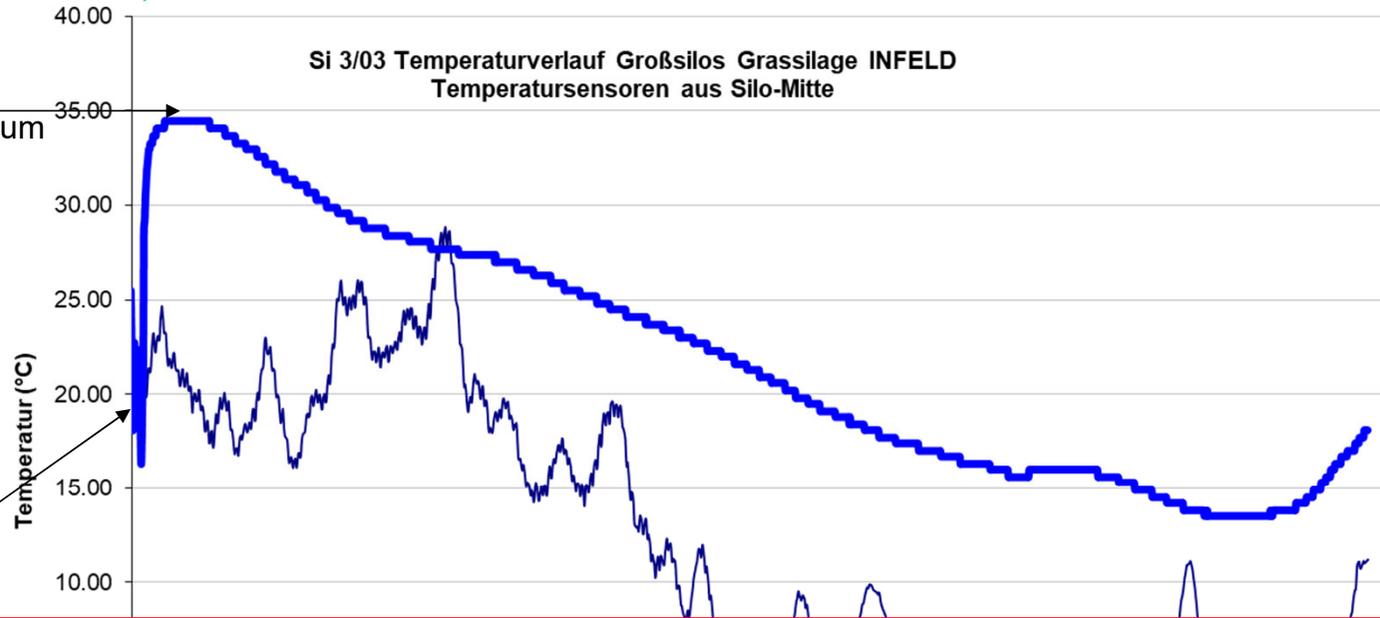
Quelle:
ISF-Labor

- Klare Tendenz zu steigendem Besatz an Feldhefen und Schimmelpilzen in den letzten Jahren
- Beeinflusst durch Klimawandel, z.B. milde Winter >>keine natürliche „Desinfektion“ und zunehmende Stresswetterphasen während des Wachstums (Trockenphasen, Extremwetter)
- Erhöhtes Potential für Verluste zu Beginn der Silierung und nach dem Öffnen der Silagen

Temperaturentwicklung in Silagen am Beispiel einer Grassilage

Versuch LWK NDS, Dr. Kalzendorf 2004

Temperaturerhöhung im geschlossenen Silostock um 10 bis 20 ° C innerhalb weniger Tage durch Atmungsverluste



Beeinflusst vom Klimawandel:

- Je mehr Hefen auf der Maispflanze, desto größer die Temperaturerhöhung bereits in der Anfangsphase
- Veratmung von Zuckerquellen zu CO₂, Wasser und Wärme
- Je höher die Temperatur beim Silieren, desto aktiver sind diese Mikroorganismen

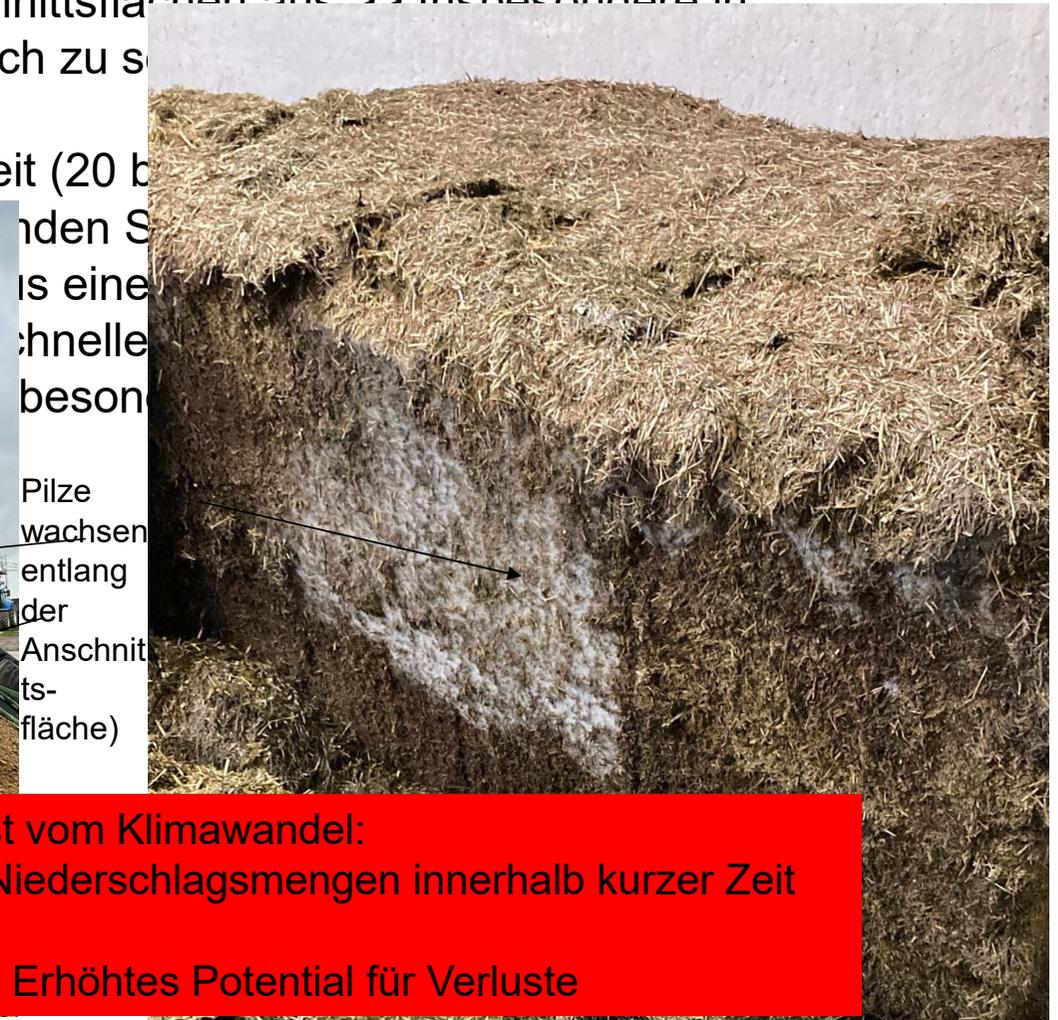
Die Folge: Erhöhtes Potential für Verluste

Verluste an der Anschnittsfläche nach der Öffnung

- Die Zunahme von „extremen“ Niederschlagsmengen, v.a. in den Sommermonaten , wirkt sich negativ auf die Stabilität von Siloanschnittsflächen aus >> Insbesondere in den letzten Monaten in Norddeutschland deutlich zu sehen
- Hohe Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit (20 bis 30l/ m₂) spülen die Anschnittsfläche regelrecht aus. Die konservierenden Säuren wie Milchsäure, Essigsäure etc. sind wasserlöslich und fließen aus einem Horizont von wenigen Zentimetern nach unten ab. Die Folge: Extrem schnelles Wachstum von Hefen und Schimmelpilzen entlang der Anschnittsfläche, insbesondere bei hoher Luftfeuchtigkeit und hohen Temperaturen

Verluste an der Anschnittsfläche nach der Öffnung

- Die Zunahme von „extremen“ Niederschlagsmengen, v.a. in den Sommermonaten, wirkt sich negativ auf die Stabilität von Siloanschnittsflächen aus >> Insbesondere in den letzten Monaten in Norddeutschland deutlich zu s
- Hohe Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit (20 b



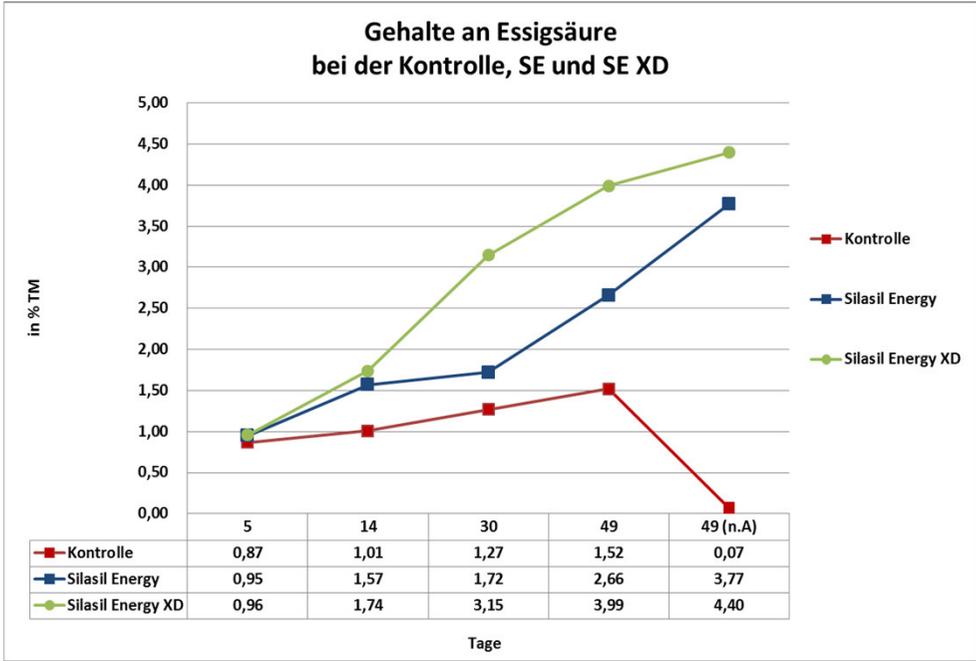
Beeinflusst vom Klimawandel:

- Hohe Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit

Die Folge: Erhöhtes Potential für Verluste

Effekte von Siliermitteleinsatz: Neutrale Prüfmethoden

DLG-Gütezeichen für Siliermittel	
Wirkungsrichtung (1-6) und Anwendungsbereich (ggfs. a – d) siehe www.guetezeichen.de	
1	Verbesserung der Vergärung von: <ul style="list-style-type: none"> a schwer silierbarem Futter b mittelschwer bis leicht silierbarem Futter im unteren TM-Bereich (< 35 % TM) c mittelschwer bis leicht silierbarem Futter im oberen TM-Bereich (> 35 % TM) d speziellen Futterarten (kein DLG-Mittel am Markt)
2	Verbesserung der aeroben Stabilität (Haltbarkeit unter Lufteinfluss)
3	Reduzierung von Gärstoffablauf (kein DLG-Mittel am Markt)
4	Zur Verbesserung: <ul style="list-style-type: none"> a des Futteraufnahmewertes der Silage b der Verdaulichkeit der Silage c(Mast) des Fleischerzeugungswertes der Silage c(Milch) des Milcherzeugungswertes der Silage
5	Verhinderung der Vermehrung von Clostridien
6	Verbesserung des Methanzeugungswertes von Silagen durch: <ul style="list-style-type: none"> a Reduzierung von Gärverlusten b Vermeidung von Nacherwärmung c Sondereffekte (kein DLG-Mittel am Markt)



JKI Braunschweig, 2015



Kategorie 6b, 2 Methan

Silasil Energy und Silasil Energy.XD

ERSTER und immer noch EINZIGER!



SILASIL ENERGY & SILASIL ENERGY.XD
sind als erste Siliermittel mit dem
Gütezeichen ausgezeichnet worden!
Seit 9 Jahren alleinige Träger des DLG-
Gütezeichens



Kategorie 6b, 2 Methan

Einfluss von Siliermitteln auf den CO₂- Fußabdruck von Silagen: Aktuelle F+E Aktivitäten

Silage Technology and Management

Measurement of gas losses (quantity and quality) during an ensiling process of grass and maize silage—A new approach to evaluate the carbon footprint of silage production

Lau Nicole¹, E. Kramer¹

¹ISF GmbH Schaumann Forschung, An der Muehlenau 4, 25421 Pinneberg, Germany nicole.lau@is-forschung.de

Keywords

Carbon footprint, ensiling losses, gas quantity and composition, sustainability

Introduction

Sustainability is a significant concern of worldwide. As a consequence, governments around the world unanimously believe that carbon footprint of different industry sectors must be reduced remarkably. In the agricultural sector, beef and milk production are considerably contributing to the CO₂ emission. Taube (2012) pointed out the sector responsible for 13% of all greenhouse gas (GHG) emissions. Feed composition and efficiency differ greatly among dairy farms (Zehetmeier, 2017), which in turn has a major effect on the carbon footprint of silage production or milk production in general. The impact of sila-



Diverse Beiträge auf der International Silage Conference 2023, Peking

Fazit

- Ein großer Teil der Silierverluste ist vermeidbar – mit Folgen für Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit
- Klimawandel begünstigt über mehrere Faktoren die Ausprägung von Verlusten bei der Silierung
- Treten Silierverluste auf, werden potentiell große Mengen an CO₂ emittiert, die zukünftig evtl. handelbar werden
- Siliermittel haben- richtig eingesetzt- ein enormes Potential zur Verringerung der Verluste
- Partner mit Know-How: Schaumann BioEnergy/Lactosan/ISF mit eigener F+E und Produktion

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bilder: Breer, 2023

Verluste, die Sie NIE
akzeptieren sollten !

Verluste, die Sie NIE
akzeptieren würden !

TSF
RESEARCH