

Aerobe Instabilität von Silagen - Ursachen, Bewertung, Prophylaxe

Dr. Horst Auerbach

International Silage Consultancy (ISC)
Wettin-Löbejün



Qualitätsmängel in Silageproduktion

Gräser
Leguminosen
GPS

Fehlgärungen
Buttersäure/
Clostridien



Listeria monocytogenes



Clostridium butyricum

Instabilität (Erwärmung)
Hefen
Schimmelpilze

Feuchtgetreide, einschl.
Körnermais

Silomais
CCM, LKS, MKS
GPS
Anweilsilage
Zuckerrübenpressschnitzel
Biertreber
Schlempe
.....



Hefen



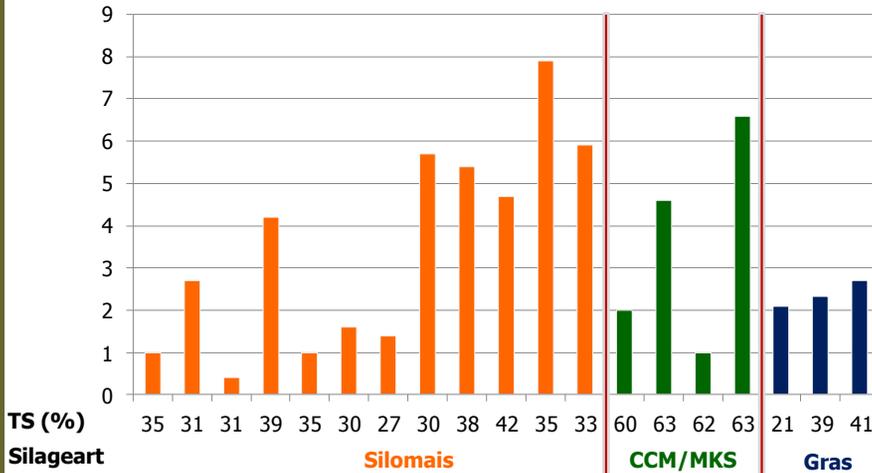
Penicillium roqueforti



Monascus ruber

Verhalten von Silagen nach Öffnung – Ausgang unsicher, nicht vorhersehbar!!!

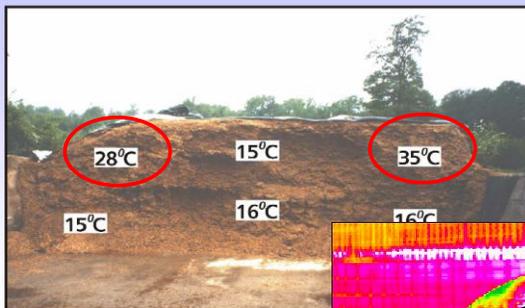
Aerobe Stabilität (Tage)



(Quelle: LWK Niedersachsen, LWK Nordrhein-Westfalen...)

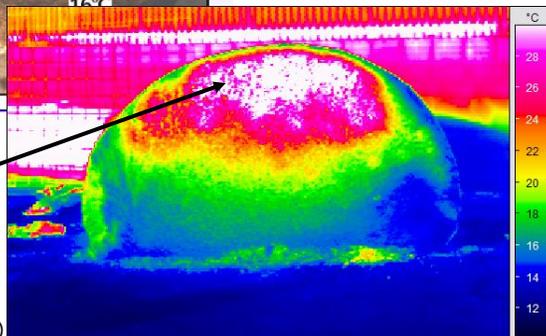
HERAUSFORDERUNG: Aerobe Instabilität verhindern – URSACHEN –

Maisanschnitt: Foto Miltner 2003



LfL – Bayer, Landesanstalt für Landwirtschaft

>40 ° C

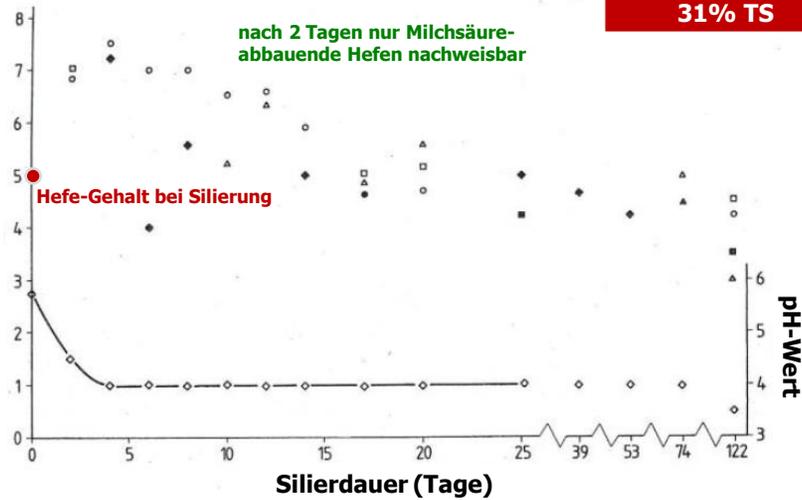


(Bild: Universität Bonn, 2005)

Dynamik der Entwicklung von Hefen während der Silierung

Keimzahl Hefen (lg KBE/g)

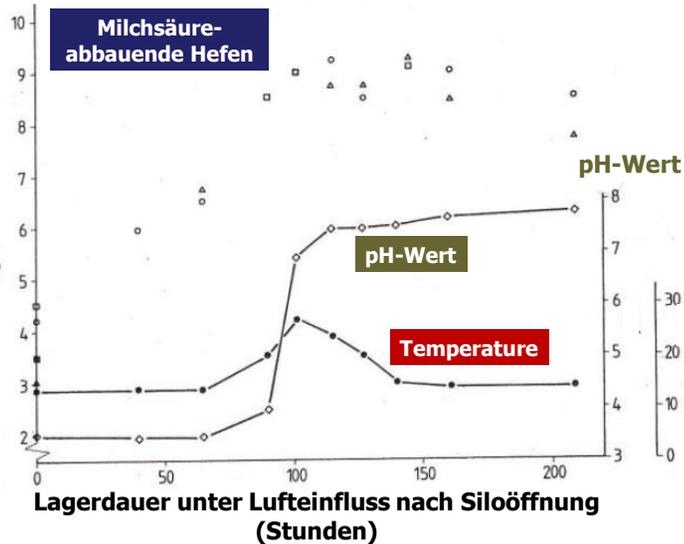
Maissilage
31% TS



(Quelle: Middelhoven und van Baalen, 1988)

Dynamik der Entwicklung von Hefen während der aeroben Lagerung

Keimzahl Hefen (lg KBE/g FM)

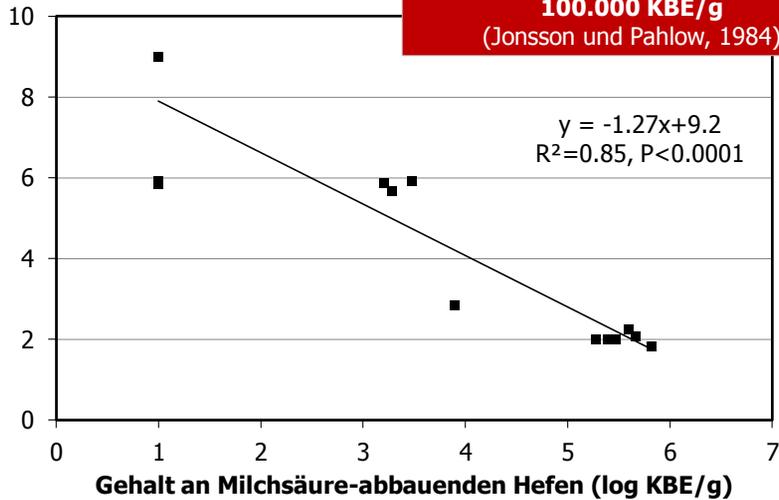


(Quelle: Middelhoven und van Baalen, 1988)

Beziehung zwischen Gehalt and Hefen bei Siloöffnung und aerobe Stabilität

Aerobe Stabilität (Tage)

Höchstwert für Hefen bei Öffnung:
100.000 KBE/g
(Jonsson und Pahlow, 1984)

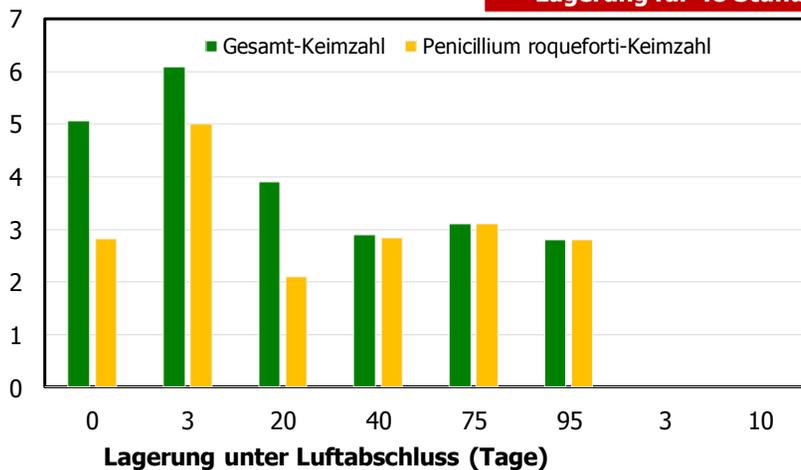


(Quelle: Auerbach et al., 2013)

Entwicklung der Schimmelpilzflora während der Silierung und nachfolgender Lagerung unter Lufteinfluss

Schimmelpilze (log KBE/g FM)

Maissilage - 29,2% TS
Luft einfluss zu Beginn der Lagerung für 48 Stunden

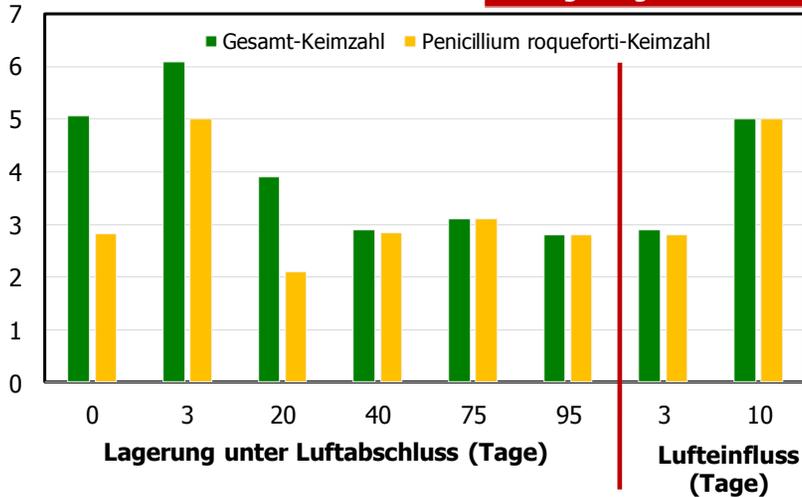


(Quelle: Auerbach, 1996)

Entwicklung der Schimmelpilzflora während der Silierung und nachfolgender Lagerung unter Luftabschluss

Schimmelpilze (log KBE/g FM)

Maissilage - 29,2% TS
Luft einfluss zu Beginn der
Lagerung für 48 Stunden

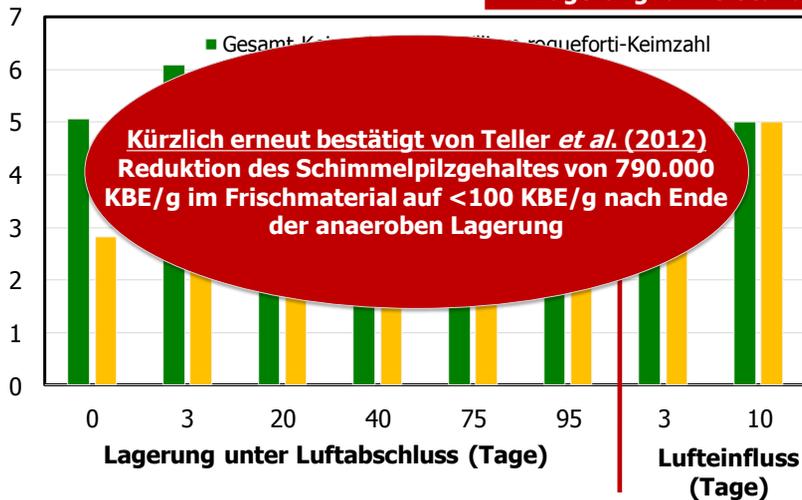


(Quelle: Auerbach, 1996)

Entwicklung der Schimmelpilzflora während der Silierung und nachfolgender Lagerung unter Luft einfluss

Schimmelpilze (log KBE/g FM)

Maissilage - 29,2% TS
Luft einfluss zu Beginn der
Lagerung für 48 Stunden



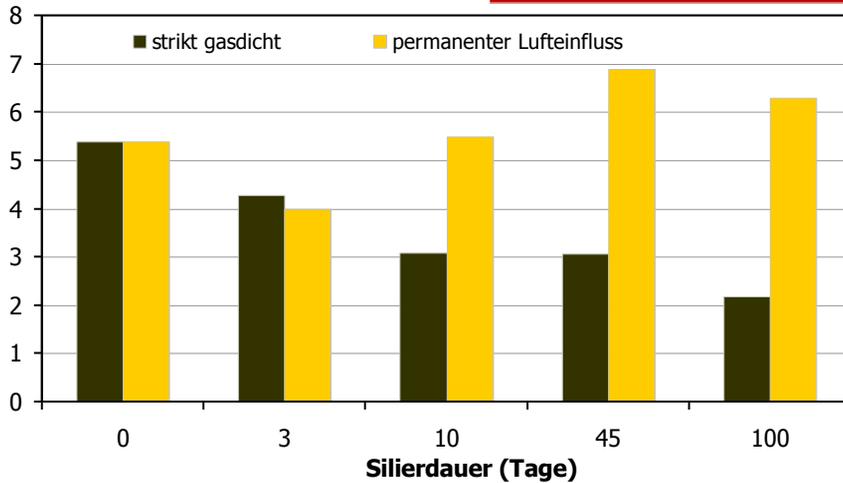
Kürzlich erneut bestätigt von Teller *et al.* (2012)
Reduktion des Schimmelpilzgehaltes von 790.000
KBE/g im Frischmaterial auf <100 KBE/g nach Ende
der anaeroben Lagerung

(Quelle: Auerbach, 1996)

Entwicklung der Schimmelpilzflora während der Silierung bei permanenter Luftzufuhr (200 mg O₂/kg TS und Tag)

Schimmelpilze (log KBE/g FM)

Maissilage – 38,2% TS
Lufteinfluss während der gesamten Lagerung

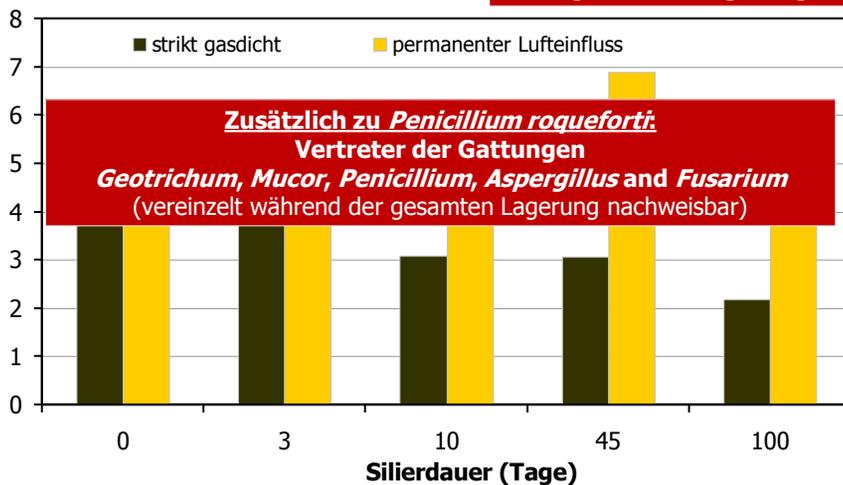


(Quelle: Auerbach, 1996)

Entwicklung der Schimmelpilzflora während der Silierung bei permanenter Luftzufuhr (200 mg O₂/kg TS und Tag)

Schimmelpilze (log KBE/g FM)

Maissilage – 38,2% TS
Lufteinfluss während der gesamten Lagerung



(Quelle: Auerbach, 1996)

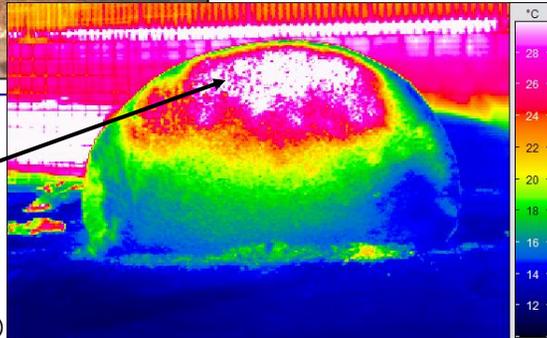
Aerobe Instabilität - KONSEQUENZEN -

Maisanschnitt: Foto Miltner 2003



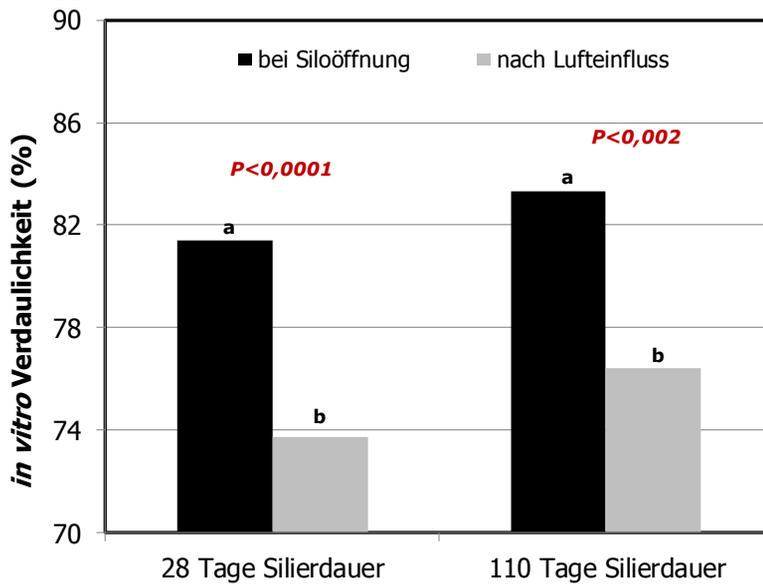
LfL Bayer Landesanstalt für Landwirtschaft
Tierernährung

>40 ° C



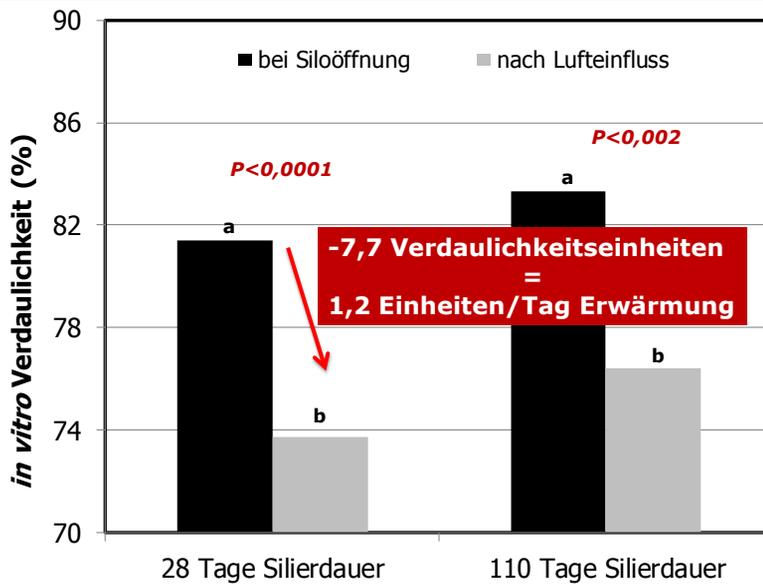
(Bild: Universität Bonn, 2005)

Nacherwärmung und Verdaulichkeit von Maissilage



(Quelle: Nadeau, 2011 und Nadeau et al., 2011)

Nacherwärmung und Verdaulichkeit von Maissilage



(Quelle: Nadeau, 2011 und Nadeau et al., 2011)

Schimmelpilze und Mykotoxine in Silagen

Feldpilze

Fusarium, *Alternaria*,
Aspergillus (*Penicillium*)

Feldtoxine

Trichothecene (DON),
Zearalenon, Fusarinsäure,
Alternariol, Fumonisine
Aflatoxine (Ochratoxine)



Lager („Silage“) pilze

Penicillium roqueforti-Gruppe

Roquefortine C, Penicillinsäure,
Patulin, PR-Toxin,
Mycophenolsäure



Monascus ruber

Monacoline, Citrinin



Aspergillus fumigatus

Verruculogen, Gliotoxin,
Fumitremorgene



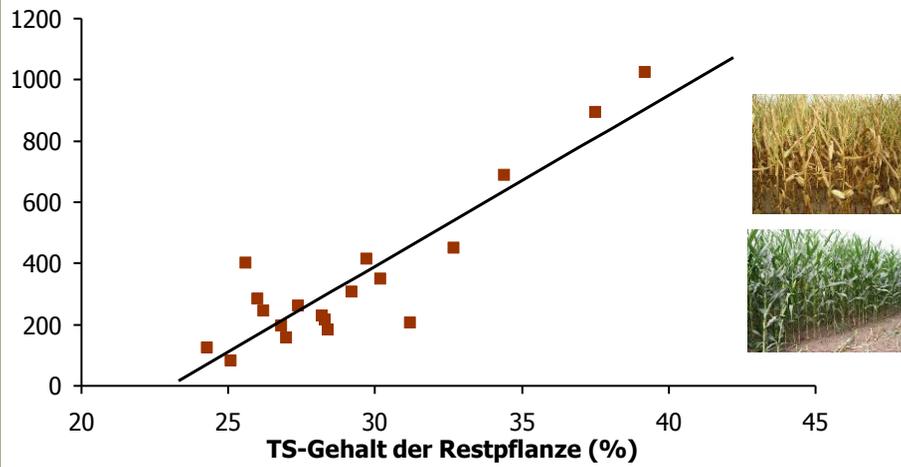
Byssoschlamys spp.

Patulin, Byssoschlaminsäure,
Mycophenolsäure



Zearalenon-Gehalt in Maisganzpflanze in Abhängigkeit vom Abreifegrad der Restpflanze

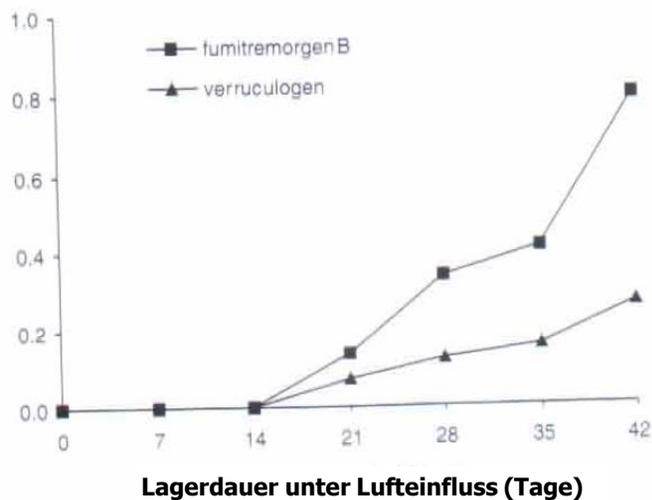
Zearalenon-Gehalt Ganzpflanze ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)



(Quelle: Oldenburg, 1996)

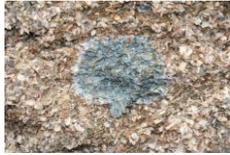
Bildung von *Aspergillus fumigatus*-Mykotoxinen während der aeroben Lagerung in Maissilage

Mykotoxingehalt (mg/kg Frischmasse)



(Quelle: Tüller et al., 1995)

Mycophenolsäure in Praxissilagen in D



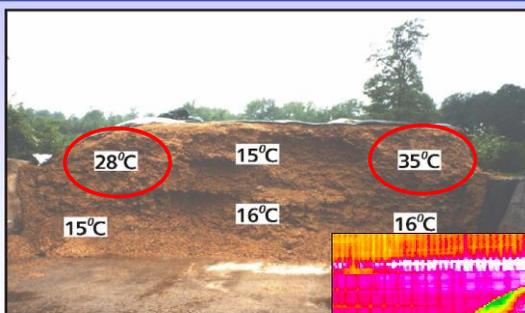
Penicillium roqueforti (30%) und *Monascus ruber* (19%) und *Aspergillus fumigatus* (9%) am häufigsten gefunden

Silage- art	Anzahl Proben		Mycophenolsäure ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
	gesamt	positiv	Mittelwert	Bereich
Gras	135	38	690	20 - 23.000
Mais	98	36	2.200	21 - 35.000
Gesamt	233	74	1.400	20 - 35.000

(Quelle: Schneweis et al., 2000)

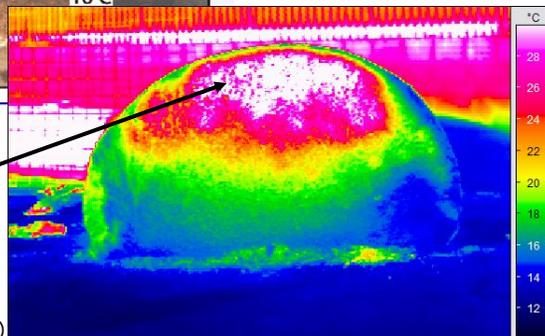
Aerobe Instabilität - BEWERTUNG -

Maisanschnitt: Foto Miltner 2003



LfL - Bayer Landesanstalt für Landwirtschaft

>40 ° C

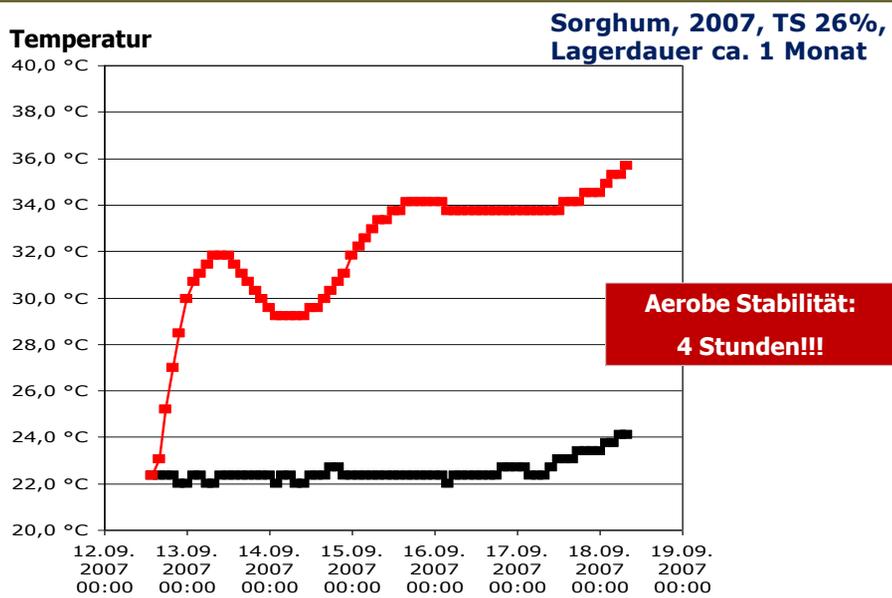


(Bild: Universität Bonn, 2005)

Aerobe Instabilität - BEWERTUNG -



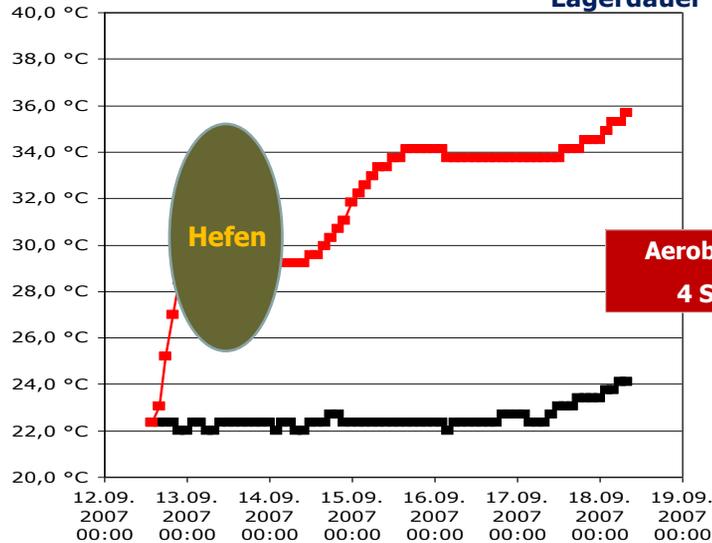
Verhalten von Silagen nach Öffnung – Verderb kann sehr schnell einsetzen!



Verhalten von Silagen nach Öffnung – Verderb kann sehr schnell einsetzen!

Temperatur

Sorghum, 2007, TS 26%,
Lagerdauer ca. 1 Monat

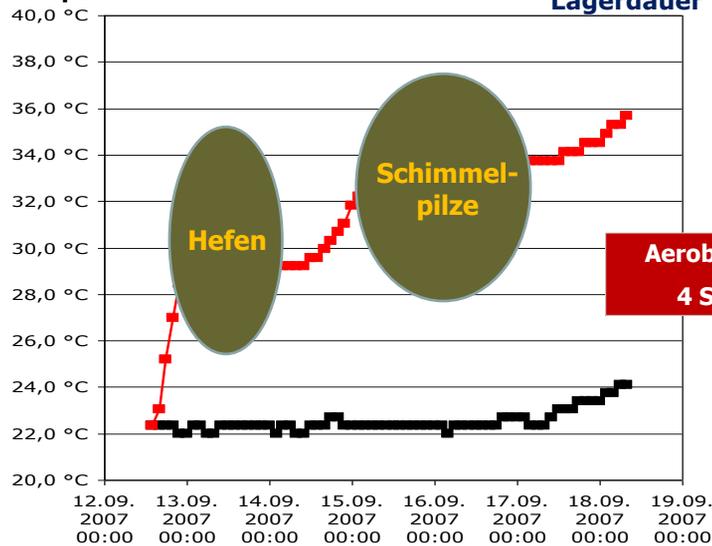


(Quelle: Auerbach, 2008)

Verhalten von Silagen nach Öffnung – Verderb kann sehr schnell einsetzen!

Temperatur

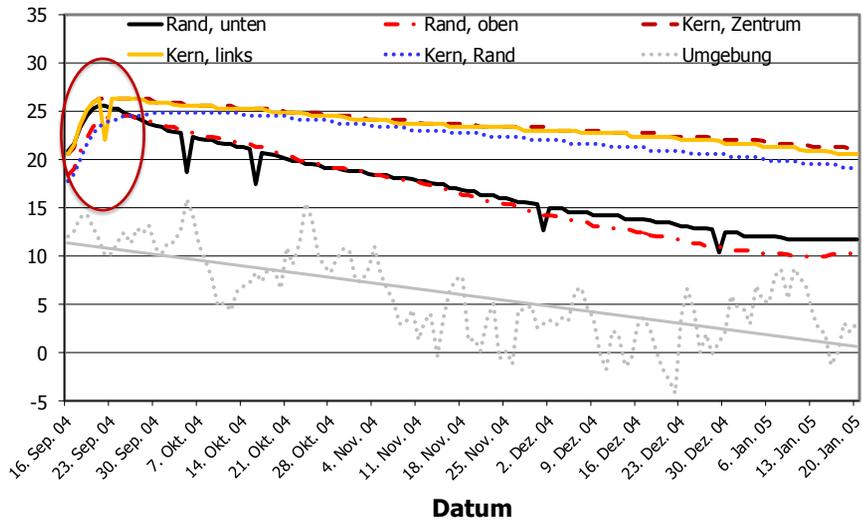
Sorghum, 2007, TS 26%,
Lagerdauer ca. 1 Monat



(Quelle: Auerbach, 2008)

Temperaturverlauf in Maissilage im Praxissilo

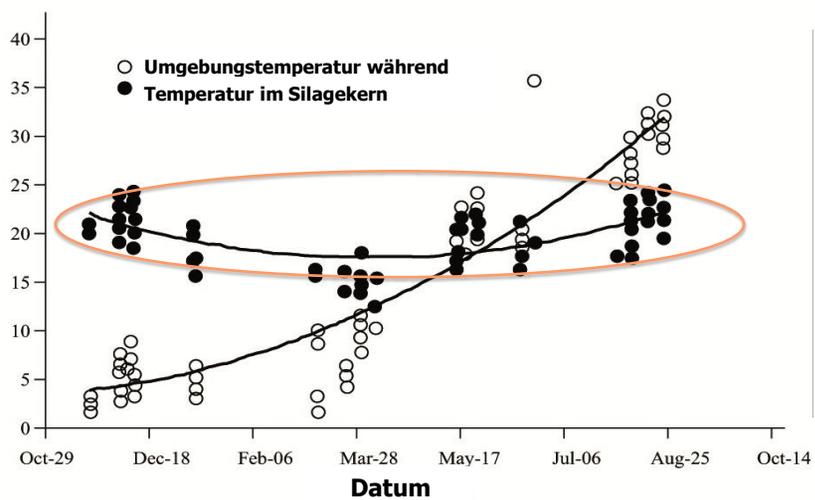
Temperatur (° C)



(Quelle: Braun, 2006)

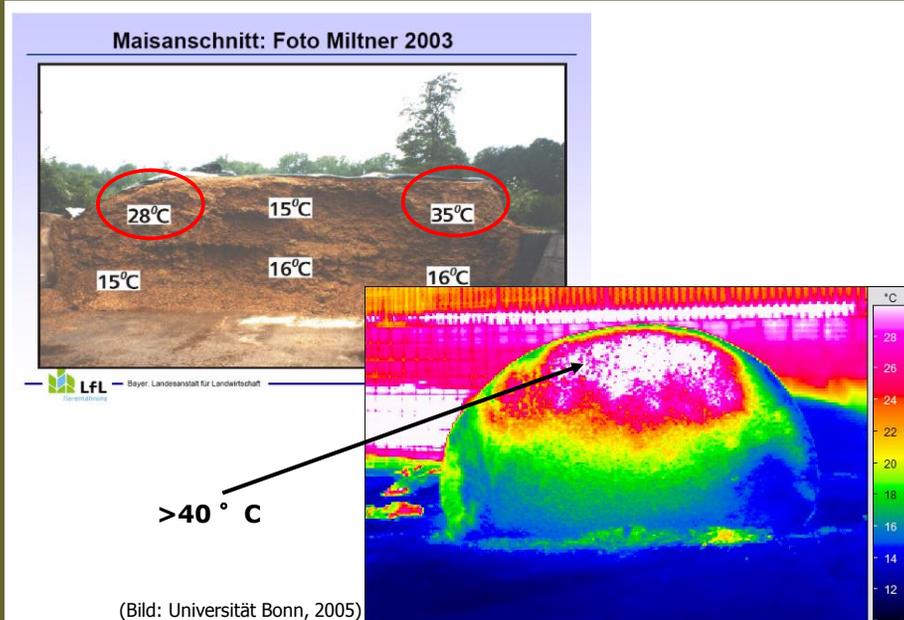
Temperaturen in Maissilos aus Praxis in Italien im Jahresverlauf

Temperatur (°C)



(Quelle: Borreani und Tabacco, 2010)

HERAUSFORDERUNG: Aerobe Instabilität verhindern - **PROPHYLAXE** -



HERAUSFORDERUNG: Aerobe Instabilität verhindern - **PROPHYLAXE** -

- Fruchtfolge, Sortenwahl, Bodenbearbeitung
- TS-Gehalt der Pflanze
- Häcksellänge (8-10 mm)
- Häckselqualität (keine unzerkleinerten Lieschen, Spindelscheiben etc)
- Verdichtung (abhängig von TS, Ziel: >200 kg DM/m³)
- Lagerdauer
- Silodimensionen angepasst an Anzahl Tiere und Rationsgestaltung – **ENTNAHMERATE (VORSCHUB)**

Selbst bei strikter Einhaltung aller Maßnahmen gibt es immer noch ein unkalkulierbares Risiko für Nacherwärmungen und Schimmelpilzentwicklung, das durch den

STRATEGISCHEN EINSATZ GEEIGNETER SILIERMITTEL

reduziert werden kann.

Produktgruppen von Silierzusätzen

- Steuerung des Gärverlaufs

Siliersäuren (z. B. Ameisensäure)
Siliersalze (z. B. Nitrit, Hexamin, Formiate)
homofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{ho})
(Enzyme)

- Verbesserung der aeroben Stabilität

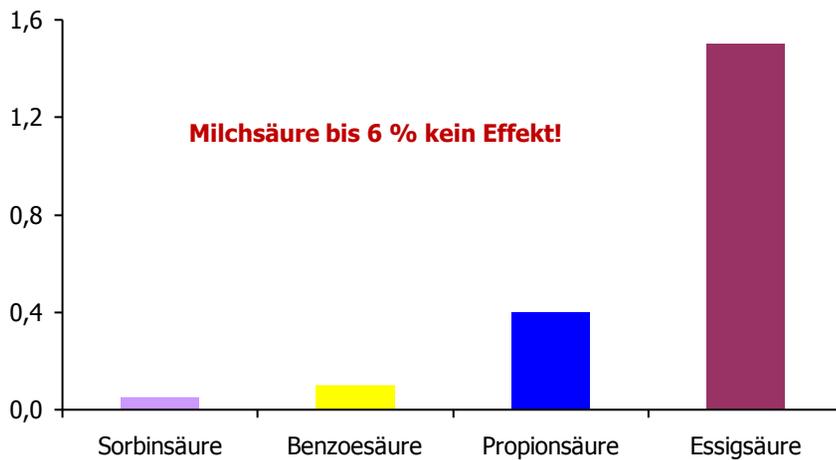
Siliersäuren (z. B. Sorbin-, Benzoe- und Propionsäure)
Siliersalze (z. B. Sorbate, Benzoate, Propionate)
heterofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{he})

- Kombinationswirkungen

Kombination aus Siliersalzen und MSB_{ho}
Kombination aus MSB_{ho} und heterofermentativen MSB (MSB_{he})

Welcher Wirkstoff ist der beste?

Notwendige Dosierung zur Unterdrückung von *Penicillium roqueforti* (%)



(Quelle: Auerbach, 1996)

Können homofermentative Milchsäurebakterien helfen?

**Homofermentative
Milchsäurebakterienpräparate mit
spezifischer Hemmwirkung gegen Hefen?**

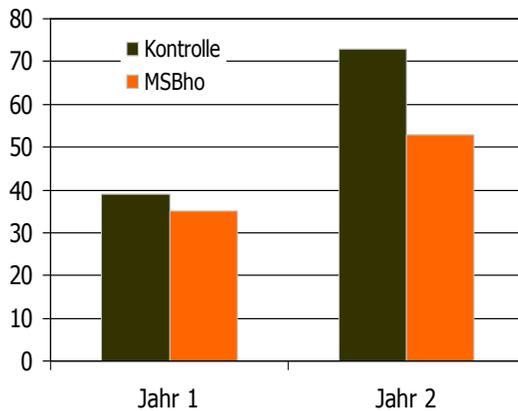
(Quelle: Kleinschmit et al., 2005)

Können homofermentative Milchsäurebakterien helfen?

**Homofermentative
Milchsäurebakterienpräparate mit
spezifischer Hemmwirkung gegen Hefen?**

Beweis *in vitro* erbracht!

Aerobe Stabilität (Stunden)



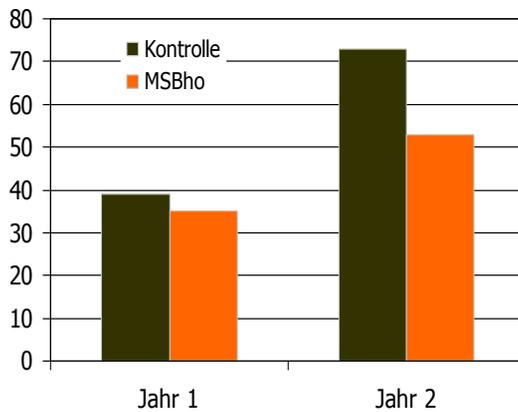
(Quelle: Kleinschmit et al., 2005)

Können homofermentative Milchsäurebakterien helfen?

Homofermentative Milchsäurebakterienpräparate mit spezifischer Hemmwirkung gegen Hefen?

Beweis *in vitro* erbracht!

Aerobe Stabilität (Stunden)



in situ - Ergebnisse

Im Jahr 1 zusätzlich geprüft:

Na-Benzoesäure (1 kg/t) - ASTA: 165 h

K-Sorbat (0,5 kg/t) - ASTA: 149 h

***L. buchneri* (400.000 KBE/g) -
ASTA: 139 h**

(Quelle: Kleinschmit et al., 2005)

Lactobacillus buchneri and aerobic Stabilität

**Zusammenfassung von 25 Versuchen mit 49 Varianten an
Silagen aus:
Mais, Gras, GPS, Luzerne**

Parameter	ohne	<i>Lactobacillus buchneri</i> (KBE/g)	
		≤100.000	>100.000
Milchsäure (% DM)	5,5	4,3	4,0
Essigsäure (% DM)	2,2	3,3	4,5
Propionsäure (% DM)	0,1	0,3	0,4
Hefen (log KBE/g)	3,5	2,5	2,0
Aerobe Stabilität (Tage)	4,7	10,8	14,8

(Quelle: Kleinschmit und Kung, 2003)

Lactobacillus buchneri and aerobe Stabilität

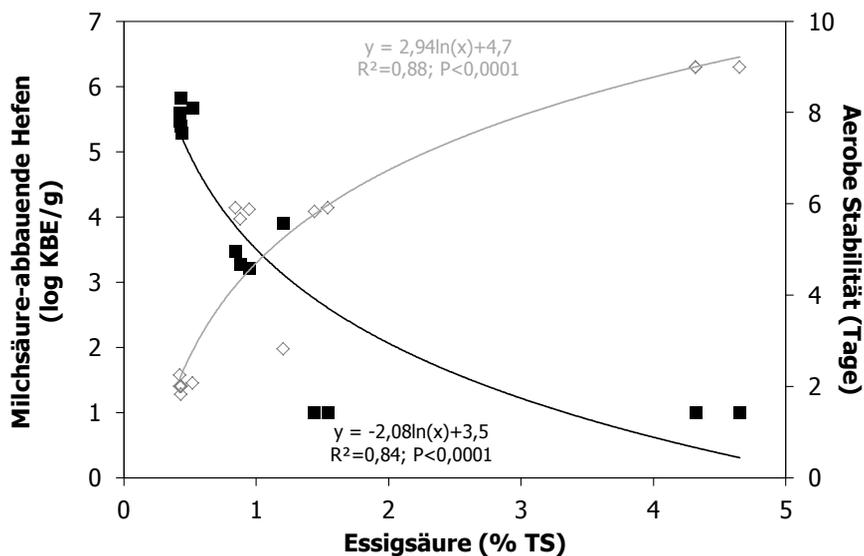
Zusammenfassung von 25 Versuchen mit 49 Varianten an Silagen aus: Mais, Gras, GPS, Luzerne

Parameter	ohne	<i>Lactobacillus buchneri</i> (KBE/g)	
		≤100.000	>100.000
Milchsäure (% DM)	5,5	4,3	4,0
Essigsäure (% DM)	2,2	3,3	4,5
Propionsäure (% DM)	0,1	0,3	0,4
Hefen (log KBE/g)	3,5	2,5	2,0
Aerobe Stabilität (Tage)	4,7	10,8	14,8

weitere Arten heterofermentativer Milchsäurebakterien: *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus diolivorans*

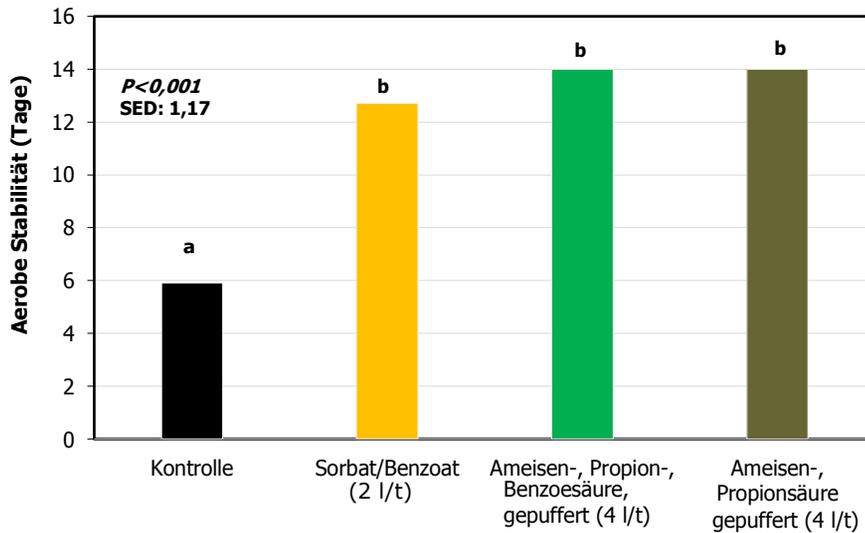
(Quelle: Kleinschmit und Kung, 2003)

Essigsäure ist entscheidend für aerobe Stabilität!



(Quelle: Auerbach et al., 2013)

Effekte chemischer Siliermittel auf die aerobe Stabilität



(Quelle: Weiß und Auerbach, 2012)

Dosierung ist entscheidend!

Variante / Dosierung	Aerobe Stabilität (Tage)
O`Kiely et al. (2008)¹	
ohne Zusatz	3,2
Natriumbenzoat (200 g/t)	5,8
Natriumbenzoat (400 g/t)	5,8
Natriumbenzoat (800 g/t)	8,0
Auerbach and Nadeau (2013)²	
ohne Zusatz	2,0 ^b
Produkt A (1,5 l/t)	3,4 ^b
Produkt A (2,0 l/t)	7,0 ^b
Produkt A (2,5 l/t)	8,1 ^{ab}
Produkt B (1,0 l/t)	4,7 ^b
Produkt B (1,5 l/t)	13,4 ^a
Produkt B (2,0 l/t)	>14,0 ^a

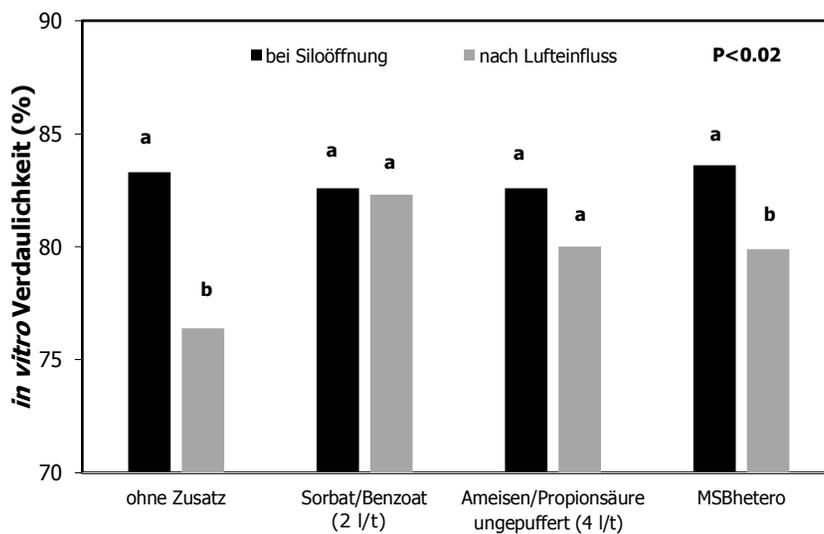
Dosierung ist entscheidend!

Variante / Dosierung	Aerobe Stabilität (Tage)
<i>O` Kiely et al. (2008)¹</i>	
ohne Zusatz	3,2
Produkt B (2,0 l/t)	>14,0 ^a

Kung (2009):

„Bewusst weniger einzusetzen als die empfohlenen Aufwandmengen - um Geld zu sparen - ist ein äußerst fragwürdiges Vorgehen, denn es erhöht nur die Wahrscheinlichkeit, dass das Siliermittel nicht wirksam sein wird.“

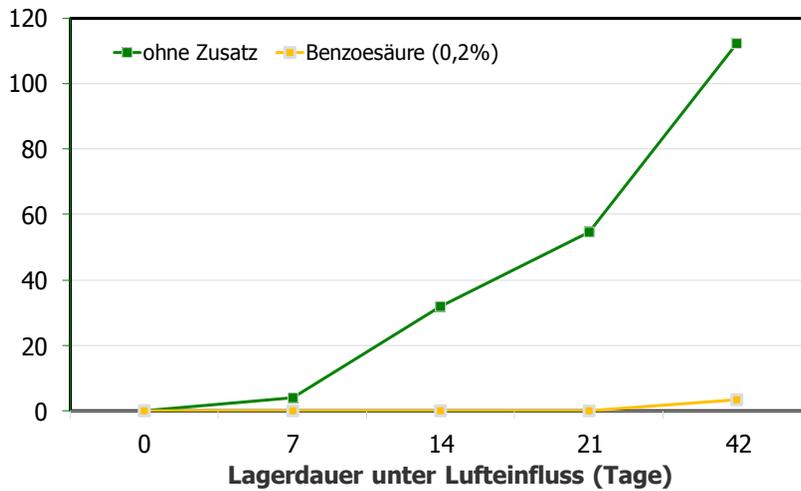
Siliermittel und Verdaulichkeit



(Quelle: nach Nadeau et al., 2011)

Siliermittel und Mykotoxinbildung in Silagen unter Lufteinfluss

Roquefortine C-Gehalt (mg/kg TS)



(Quelle: Auerbach, 1996)

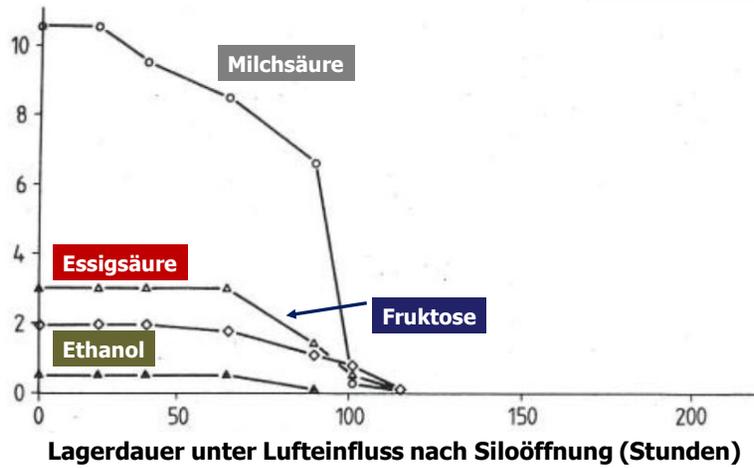
**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.**



Entwicklung ausgewählter chemischer Parameter während der aeroben Lagerung

Gehalt (g/kg FM)

Maissilage
31% TS



(Quelle: Middelhoven und van Baalen, 1988)