

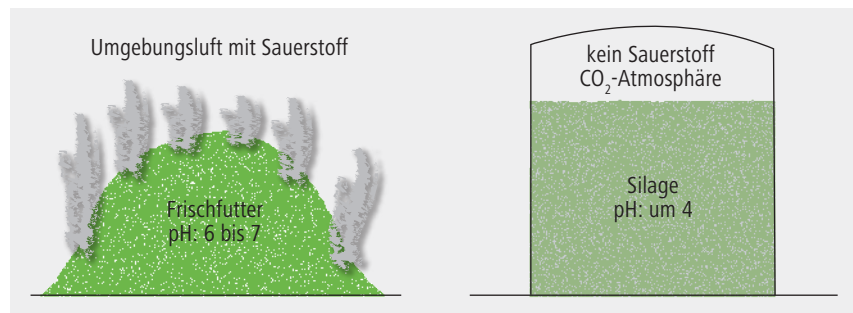
4.3 Vorgänge im Silo beeinflussen

Frisch geerntetes Futter verdirbt bei einer unkontrollierten Lagerung rasch. Die Enzyme der Pflanzen und die allgegenwärtigen Mikroorganismen zersetzen die organische Substanz. Grosse oder gar totale Nährstoffverluste sind die Folge.

Die Silagebereitung beruht auf Luftabschluss und die Absenkung des pH-Wertes durch die Milchsäuregärung.

Durch die Silagebereitung wird das Futter durch organische Säuren – vor allem Milchsäure – konserviert. Die Milchsäure wird durch die Milchsäurebakterien unter Luftabschluss (anaerobe Bedingungen) im Silo gebildet. Dadurch wird der pH-Wert abgesenkt und die Aktivität der pflanzeigenen Enzyme sowie der unerwünschten Mikroorganismen gestoppt. Damit wird das Futter lagerfähig.

Konservierung durch Luftabschluss und Senkung des pH-Wertes



- Futterhaufen: nicht lagerfähig (Futter erwärmt sich und verfault)
- Futter in luftdichtem Behälter: lagerfähig

4.3.1 Biologie der Mikroorganismen

Das Ausgangsmaterial für die Silage ist von verschiedenen Mikroorganismen besiedelt, die sich bezüglich Lebensansprüchen und Wirkungen erheblich voneinander unterscheiden. Vor allem ihre Ansprüche an den Sauerstoffbedarf, den pH-Wert und die Temperatur sind sehr unterschiedlich. Es ist wichtig, dass Sie die Mikroorganismen und ihre Lebensansprüche kennen, damit Sie bei der Herstellung von Silage die erwünschten Mikroorganismen fördern und die unerwünschten hemmen können.

Eigenschaften der wichtigsten Mikroorganismen

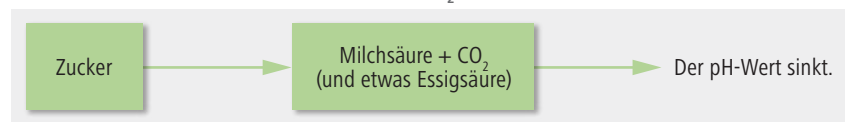
Mikroorganismen	Energieverluste	Geruch	Futterverzehr	Gebildete Produkte
Milchsäurebakterien, homofermentativ	+	☺	↗	Milchsäure
Milchsäurebakterien, heterofermentativ	++	☹	↘	Milchsäure, Essigsäure, CO ₂
Buttersäurebakterien	+++	☹☹	↘	Buttersäure, Ammoniak
Enterobakterien	++	☹	↘	Essigsäure, Ethanol, CO ₂ , Wasser, Wärme
Hefen, anaerob (alkoholische Gärung)	+	☺	→	Alkohol
Hefen, aerob (Nachgärung)	+++	☺	↘	CO ₂ , Wasser, Wärme
Schimmelpilze	++	☹	↘	Mykotoxine (Pilzgifte)
Fäulnisbakterien	++	☹☹	↘	Ammoniak (Proteinabbau)

Milchsäurebakterien

Milchsäurebakterien (Laktobazillen) sind die einzigen erwünschten Mikroorganismen im Silo. Sie vergären unter Luftabschluss (anaerobe Bedingungen) leichtlösliche Kohlehydrate, im Folgenden als Zucker bezeichnet, im Ausgangsmaterial und produzieren Milchsäure. Diese senkt den pH-Wert und macht das Futter haltbar. Im Ausgangsfutter sind die Milchsäurebakterien gegenüber den Gärschädlingen in der Minderzahl. Erst durch die Schaffung guter Gärungsbedingungen wie starke Verdichtung und luftdichten Abschluss können sie die Oberhand gewinnen.

aerob:	mit Sauerstoffbedarf
anaerob:	ohne Sauerstoffbedarf
fakultativ	mit oder ohne Sauerstoffbedarf
aerob:	

Abbau von Zucker zu Milchsäure und CO₂



Man unterscheidet homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien:

- Homofermentative Milchsäurebakterien (z. B. *Lactobacillus plantarum*) bilden vor allem Milchsäure. Bei diesem Vorgang beträgt der Energieverlust nur rund 3 Prozent.
- Heterofermentative Milchsäurebakterien-Arten (z. B. *Lactobacillus buchneri*) bilden neben Milchsäure auch Essigsäure sowie weitere Abbauprodukte und CO₂, was bei der Gärung zu höheren Verlusten führt. Die Energieverluste können bis 20 Prozent betragen. Ein kleiner Anteil an heterofermentativen Milchsäurebakterien kann aber durchaus sinnvoll sein, da Essigsäure die Entwicklung der unerwünschten Hefen hemmt. Dadurch ist die Silage weniger anfällig auf Nachgärungen.

Buttersäurebakterien

Buttersäurebakterien (Clostridien) sind im Boden weit verbreitet und gelangen durch Futterverschmutzungen ins Silo. Sie bauen wie die Milchsäurebakterien Zucker ab. Daneben können sie auch die erwünschte Milchsäure zu Buttersäure verarbeiten, wodurch die für die Stabilität und die Lagerfähigkeit der Silage nötige pH-Wert-Senkung verhindert wird. Zudem bauen sie Protein zu Ammoniak ab. Buttersäurebakterien können sich nur unter sauerstofffreien Bedingungen und bei pH-Werten über 4,2 entwickeln. Sie bevorzugen verschmutzte Nasssilage und hohe Temperaturen um 30 bis 40 °C. Das Anwelken des Futters schränkt ihr Wachstum ein.

Buttersäurebakterien sind unerwünscht:

- Buttersäurehaltige Silage riecht übel und kann auch die Milch geschmacklich beeinträchtigen.
- Der pH-Wert der Silage steigt durch den Abbau der Milchsäure wieder an. Die Silage «kippt um» und verdirbt.
- Die Buttersäuregärung ist mit hohen Energieverlusten (bis zu 22 %) verbunden.
- Buttersäurebakteriensporen können als Verursacher von Spätblähungen im Käse grossen Schaden anrichten.

Enterobakterien

Enterobakterien, zum Beispiel Coli-Bakterien, stehen in der Anfangsphase der Gärung mit den Milchsäurebakterien in direkter Konkurrenz um den Zucker in der Silage. Im Gegensatz zu den Milchsäure- sind die Enterobakterien fakultativ anaerob. Das bedeutet, dass sie mit oder ohne Sauerstoff leben können. Sie sind jedoch aktiver, wenn Sauerstoff vorhanden ist und bilden Essigsäure, Ethanol, CO₂ und Wasser. Dabei wird viel Wärme frei, was zu einer Erwärmung des Futters zu Beginn der Gärung führt. Dies hemmt wiederum die Milchsäurebakterien. Weil die Enterobakterien Essigsäure bilden, werden sie auch Essigsäurebildner genannt. Es gibt jedoch auch andere Bakterien (heterofermentative Milchsäurebakterien), die ebenfalls Essigsäure produzieren. Enterobakterien verursachen Energieverluste von rund 11 Prozent.

Enterobakterien sind säureempfindlich. Durch eine rasche und starke Absenkung des pH-Wertes kann ihre Aktivität gestoppt werden. Sie entwickeln sich besonders in Nasssilage und bei schlechter Verdichtung.

Enterobakterien sind in Silage unerwünscht:

- Sie konkurrieren mit den Milchsäurebakterien um Nährstoffe.
- Sie bilden Essigsäure und beeinträchtigen dadurch die Bekömmlichkeit des Futters und den Futtermverzehr.
- Sie können Endotoxine (Giftstoffe) bilden.

Hefen

Hefen sind hauptverantwortlich für Nacherwärmungen von Silage nach dem Öffnen des Silos. Da sie wie die Enterobakterien mit oder ohne Sauerstoff leben können, also fakultativ anaerob sind, können sie bereits im geschlossenen Silo aktiv sein. Sie entwickeln sich auch bei sehr tiefen pH-Werten. Besonders bei zuckerreichem Siliergut vergären sie unter anaeroben Bedingungen Zucker zu Alkohol. Nach dem Öffnen des Silos werden sie durch Sauerstoffeinfluss sehr aktiv und vermehren sich explosionsartig. Dabei bauen sie den noch vorhandenen Restzucker in der Silage sowie die Milchsäure ab. Neben CO₂ und Wasser entsteht dabei auch Wärme: Die Silage ist bei der Entnahme warm. Gleichzeitig steigt der pH-Wert an. Damit entstehen günstige Bedingungen für andere Mikroorganismen wie Schimmelpilze und Fäulnisbakterien. Pro Tag können bei einer nachgärenden Silage bis 4 Prozent der Energie verloren gehen.

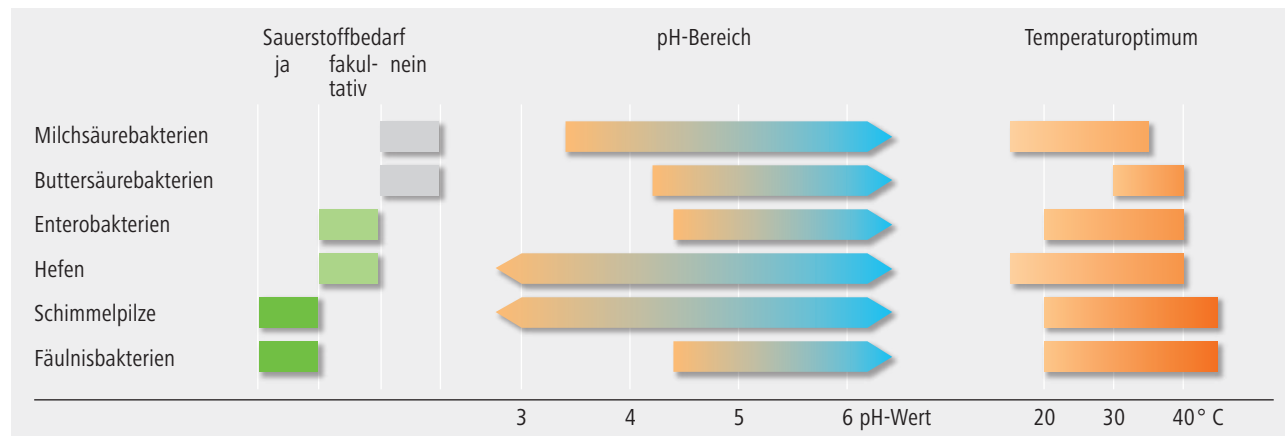
Schimmelpilze

Schimmelpilze wachsen nur bei Luftzutritt oder einem Restluftgehalt im Silo. Sie entwickeln sich wie die Hefen auch bei tiefen pH-Werten und können nur durch einen konsequenten Luftabschluss in Schach gehalten werden. Ihre Aktivität erhöht sich bei steigenden Temperaturen. Trockenes und schlecht verdichtetes Futter fördert ihre Entwicklung. Da Schimmelpilze giftige Stoffwechselprodukte (Mykotoxine) bilden können, dürfen Sie keine verschimmelte Silage verfüttern. Verschimmelte Silage fällt durch ihren muffigen Geruch auf.

Fäulnisbakterien

Fäulnisbakterien sind in der Regel Sauerstoff liebend (aerob). Sie bauen Protein zu Ammoniak ab. Dabei entstehen hohe Nährstoffverluste. Verfaulte Silage enthält giftige Stoffwechselprodukte. Daher sollten Sie sie auf keinen Fall mehr verfüttern.

Lebensansprüche der Mikroorganismen beim Silieren



4.3.2 Gärverlauf im Silo

Im Idealfall durchläuft eine Silage nach dem Einsilieren fünf Phasen, bis sie stabil ist. Gewinnen die Buttersäurebakterien aufgrund schlechter Silierbedingungen Oberhand, verliert das Futter massiv an Nährwert und Schmackhaftigkeit.

Die fünf Phasen des Gärverlaufs im Silo

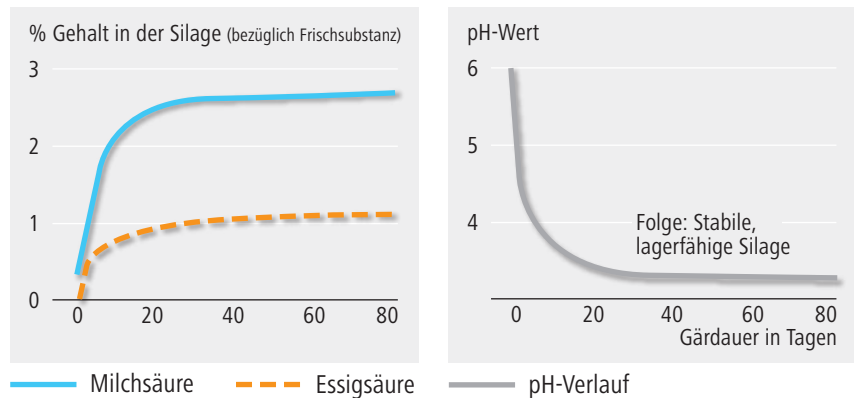
Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Aerobe Stoffumsetzung Veratmung des Sauerstoffs, Absterben der Pflanzen, Freiwerden des Pflanzenzuckers	Übergang zu anaeroben Bedingungen Konkurrenz zwischen Enterobakterien und Milchsäurebakterien	Hauptgärung Milchsäuregärung dominiert, rasche pH-Wert-Absenkung	Stabilisierungsvorgänge Bei genügend tief abgesenktem pH-Wert stoppt die Milchsäuregärung und die Milchsäurebakterien sterben ab. Die Silage ist bis zur Verfütterung lagertabil. Falls der pH-Wert infolge Zuckermangels nicht genügend stark abgesenkt werden konnte, werden die Buttersäurebakteriensporen aktiv und die Silage kippt um (Buttersäurebildung).	Entnahme Erneuter Luftzutritt, die Aktivität der Hefen und das Risiko für Nachgärungen steigen
einige Stunden	1 bis 3 Tage	1 bis 2 Wochen	2 bis 4 Wochen	während Entnahme
Gesamtdauer: 4 bis 6 Wochen				

Eine Silage sollte erst nach Abschluss der Stabilisierungsvorgänge geöffnet werden, das heisst nach vier bis sechs Wochen, Maissilage erst nach sechs bis acht Wochen. Damit keine Nachgärungen auftreten, muss die Silogrösse dem Tierbestand angepasst sein.

Nachgärungen: Silos, die zu früh geöffnet werden, sind anfälliger auf Nachgärungen.

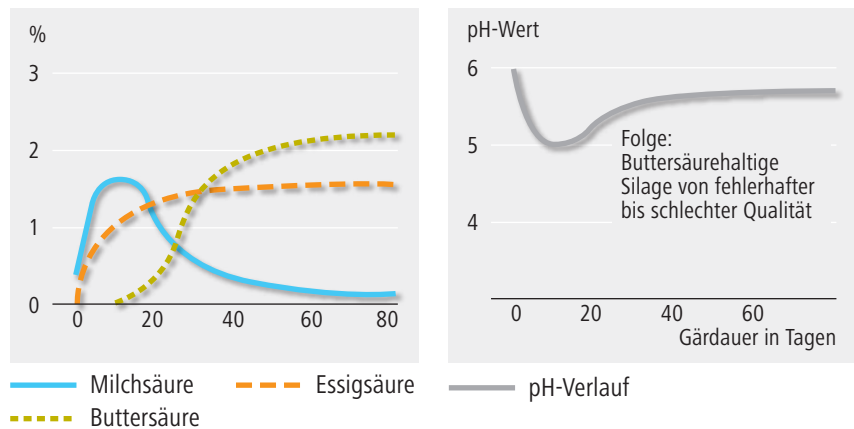
Typischer Verlauf von Milchsäure- und Buttersäuregärung (Fehlprägung)

Erwünschter Gärverlauf



Die starke und rasche Milchsäuregärung bewirkt eine starke pH-Wert-Absenkung. Dies verhindert die Entwicklung von Gärschädlingen.

Unerwünschter Gärverlauf



Nach einer anfänglichen Milchsäuregärung bekommen die Gärschädlinge die Oberhand. Der pH-Wert steigt, unerwünschte Säuren entstehen, die Silage kippt um und verdirbt.

Ursachen und Folgen von Silagefehlern und Massnahmen zur Vermeidung

In einer Silage können sich die Anteile der Säuren voneinander unterscheiden. Dies ist eine Folge der zuvor beschriebenen Vorgänge, die im Silo ablaufen. Die folgende Tabelle zeigt auf, welche Ursachen zur Bildung von einem zu hohen oder zu einem tiefen Anteil dieser Säuren führen und was die Folgen davon sind. Zusätzlich sind die Massnahmen aufgezeigt, welche dies verhindern können.

Ursachen und Folgen von Fehl- und Nachgärungen

Fehl- und Nachgärungen	Ursachen							Folgen							Massnahmen								
	zu nasses Futter	zu trockenes Futter	Verschmutzung	schlechte Verdichtung	ungenügende pH-Wert-Absenkung	hohe Temperaturen	Luftzutritt	zu geringe Entnahmemengen	TS- und Nährstoffverluste	pH-Wert-Anstieg	Futtererwärmung	Bildung von Mykotoxinen	geringe Futteraufnahme	negative Auswirkungen auf Milchqualität	stärker anwelken	weniger stark anwelken	sauberes Futter einsilieren	zügiges Einsilieren	gut verdichten	Silo rasch luftdicht verschliessen	genügend Silage täglich entnehmen	Silogrösse dem Tierbestand anpassen	gezielter Siliermitteleinsatz
starke Essigsäurebildung	•			•	•		•		•		•		•		•			•	•	•		•	•
starke Buttersäurebildung	•		•	•	•	•			•	•			•	•	•		•	•	•	•			•
Nachgärung verursacht durch Hefen		•		•		•	•	•	•	•	•		•			•	•	•	•	•	•	•	•
Schimmelbefall		•		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•

4.4 Die Silagequalität auf dem Feld beeinflussen

Je schlechter sich ein Futter zum Silieren eignet, desto höher ist das Risiko von Verlusten, zum Beispiel durch Fehlgärungen oder Gärsaft. Ob sich ein Ausgangsmaterial leicht oder schwer silieren lässt, hängt im Wesentlichen von seinen Eigenschaften ab.



Silomais gehört zu den leicht silierbaren Futterpflanzen, Luzerne ist dagegen eher schwer silierbar.

Faktoren, die die Silierbarkeit und die Silagequalität auf dem Feld beeinflussen

Eigenschaft	Günstig	Ungünstig	Erklärung
Trockensubstanzgehalt	<ul style="list-style-type: none"> • 35 bis 45 % TS bei Grassilage (Anwelksilage) • 30 bis 35 % TS bei Mais (Teigreife) 	<ul style="list-style-type: none"> • <25 oder >50 % TS bei Grassilage • <30 oder >35 % TS bei Mais 	<ul style="list-style-type: none"> • zu tiefer TS-Gehalt: hohes Risiko von Fehlgärungen und Gärtsaftverlusten • zu hoher TS-Gehalt: schlechte Verdichtung, erhöhtes Risiko von Nachgärungen und Schimmelbefall
Verunreinigungen (Erdbesatz, Gülle- und Mistresten)	<ul style="list-style-type: none"> • sauberes Futter: gut eingestellte Mäh- und Erntemaschinen • sorgfältiges Arbeiten, Stoppellänge 7 bis 8 cm • genügendes Anwelken, abgetrockneter Boden • beim Mähen, keine Mäusehaufen • Hofdünger rechtzeitig ausbringen 	<ul style="list-style-type: none"> • verschmutztes Futter 	<ul style="list-style-type: none"> • Erdteilchen und Hofdüngerresten enthalten unerwünschte Buttersäurebakteriensporen. Dadurch steigt das Fehlgärungsrisiko stark an. • Die Milchsäuregärung ist gehemmt und führt zu einer ungenügenden Absenkung des pH-Werts.
Gehalt an leicht löslichen Kohlehydraten («Zuckergehalt»)	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Energiegehalt von mindestens 2 bis 3 % Zucker in der Frischmasse (Mais und Raigräser) 	<ul style="list-style-type: none"> • tiefer Energiegehalt: Knaulgras, Luzerne 	<ul style="list-style-type: none"> • Leicht lösliche Kohlehydrate sind die Nahrungsgrundlage der Milchsäurebakterien. • Junges Futter hat höhere Gehalte.
Protein- und Mineralstoffgehalt, Zucker-Protein-Verhältnis	<ul style="list-style-type: none"> • viel Zucker im Verhältnis zu Protein (Mais: 2,5 zu 1) 	<ul style="list-style-type: none"> • wenig Zucker im Verhältnis zu Protein (Luzerne: 0,2 zu 1) • sehr protein- und mineralstoffreiches, «mastiges» Futter 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Protein- und Mineralstoffgehalte hemmen die Milchsäuregärung und verhindern ein rasches Absenken des pH-Werts.
Rohfasergehalt	<ul style="list-style-type: none"> • junge Gräser mit hohem Blattanteil 	<ul style="list-style-type: none"> • altes, grobstängliges Futter 	<ul style="list-style-type: none"> • Altes, grobes Futter enthält wenig Zucker und lässt sich schlecht verdichten, wenn es nicht gehäckselt wird. Fehl- und Nachgärungen oder Schimmelbefall können die Folge sein.
botanische Zusammensetzung	<ul style="list-style-type: none"> • gräserreiche Bestände, vor allem Raigras 	<ul style="list-style-type: none"> • leguminösen- und kräuterreiche Bestände 	<ul style="list-style-type: none"> • Raigräser enthalten viel Zucker. • Klee- und kräuterreiche Bestände sind oft proteinreich und lückig. Mit den Lücken steigt die Verschmutzungsgefahr.
Besatz mit Mikroorganismen («epiphytischer Keimbesatz»)	<ul style="list-style-type: none"> • genügend natürliche Milchsäurebakterien auf den Futterpflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr junges Futter im ersten Aufwuchs • zu altes Futter • verhägelte oder kranke Bestände • verschmutztes Futter 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei tiefen Temperaturen enthalten früh geerntete Futterbestände oft wenig Milchsäurebakterien. Dadurch steigt das Risiko von Fehlgärungen. • Altes, verhägeltes oder krankes Pflanzmaterial, das durch Beulenbrand oder Helminthosporium-Blattflecken bei Mais hervorgerufen wurde, enthält oft viele Hefen und Schimmelpilze. Dadurch steigt die Gefahr von Nachgärungen. • Verschmutztes Futter enthält Buttersäurebakteriensporen.