Clostridien in Silagen

26. Mai 2025

Von Dr. Bernd Pieper, Dr. Laura Pieper und Jutta Zielke

Überblick

- Clostridien können **in schlecht produzierten Silagen überleben und sich sogar vermehren**, wenn der pH-Wert hoch ist
- Clostridien bauen Aminosäuren ab und **verringern die Proteinqualität** des Futters
- Beim Aminosäureabbau **entstehen biogene Amine,** die die Tiergesundheit beeinträchtigen können
- Die Fehlgärung durch Clostridien kann zum **vollständigen Verderb** des Futters führen
- **Durch Clostridien verursachte Fehlgärung kann vermieden werden** durch Verringerung der Bodenkontamination, Welken auf 30-45 % Trockenmasse und bei niedrigem TS – Gehalt durch Zugabe von fermentierbarem Zucker oder Zugabe von gepufferter Ameisensäure (Amasil® NA) in Kombination mit hochwirksamen, homofermentativen Milchsäurebakterien (BIO-SIL®).

- Für die Praxis bestehen bei schwer silierbarem Futter folgende **Einsatzempfehlungen**:

  BIO-SIL® (1 g/t Siliergut) **+ Amasil® NA**

Tabelle 1 Einsatzmengen von Amasil® NA (l/t). Für die Kombination mit BIO-SIL® (1 g/t) ist auf eine getrennte Applikation zu achten.

	20% TS	25 % TS	30 % TS	35 % TS
Weidelgras	2,5	1,5	-	-
Grasmischbestand	4	3	2	-
Klee	5	4	3	1
Luzerne (in der Knospe)	6	5	3,5	1,5
Futterroggen	2,5	1,5	-	-

Was sind Clostridien und welche sind wichtig?

Clostridien sind eine breite Gruppe streng anaerober Bakterien, die unter Bedingungen ohne Sauerstoff wachsen. Clostridien kommen häufig im Boden und Darm von Tieren als normale Flora vor. Einige Clostridien-Arten können jedoch Probleme mit der Silagequalität (z. B. C. butyricum oder C. tyrobutyricum) oder der Tiergesundheit (z. B. C. perfringens) verursachen. Manche Arten können gefährliche Toxine produzieren, wie z. B. C. botulinum oder C. tetani.

In der Silage gibt es zwei Hauptgruppen von Clostridien, abhängig von dem Substrat, das sie verwerten können. Saccharolytische Clostridien (z.B. C. butyricum) fermentieren hauptsächlich Zucker und organische Säuren. Proteolytische Clostridien (z.B. C. sporogenes) fermentieren hauptsächlich Aminosäuren. Einige Clostridienspezies haben die Fähigkeit, beide Substratarten zu fermentieren.

Wachstumsbedingungen von Clostridien

Als Überlebensmechanismus für extreme Bedingungen bilden Clostridien Endosporen, die sogar kochen oder sehr niedrigen pH-Wert überleben. Diese Endosporen werden zu vegetativen Zellen reaktiviert, wenn die geeigneten Bedingungen für das Wachstum von Clostridien wieder erreicht werden. Der optimale pH-Wert für das Wachstum von Clostridien ist neutral, aber selbst bei einem sehr niedrigen pH-Wert können manche Clostridien noch wachsen und Toxine bilden. Der kritische pH-Wert ist jedoch abhängig vom Trockensubstanzgehalt des Silierguts (Abbildung 1). Clostridien wachsen nicht bei niedrigen Temperaturen und hohem osmotischem Druck. Zwischen der Hemmung des Wachstums von Clostridien in Silagen und der Nitratkonzentration über 4,4 g/kg Trockenmasse besteht nur

eine sehr geringe positive statistische Beziehung. Daher ist dieser Parameter zur Vorhersage einer buttersäurefreien Silage verursacht durch Clostridien ungeeignet.

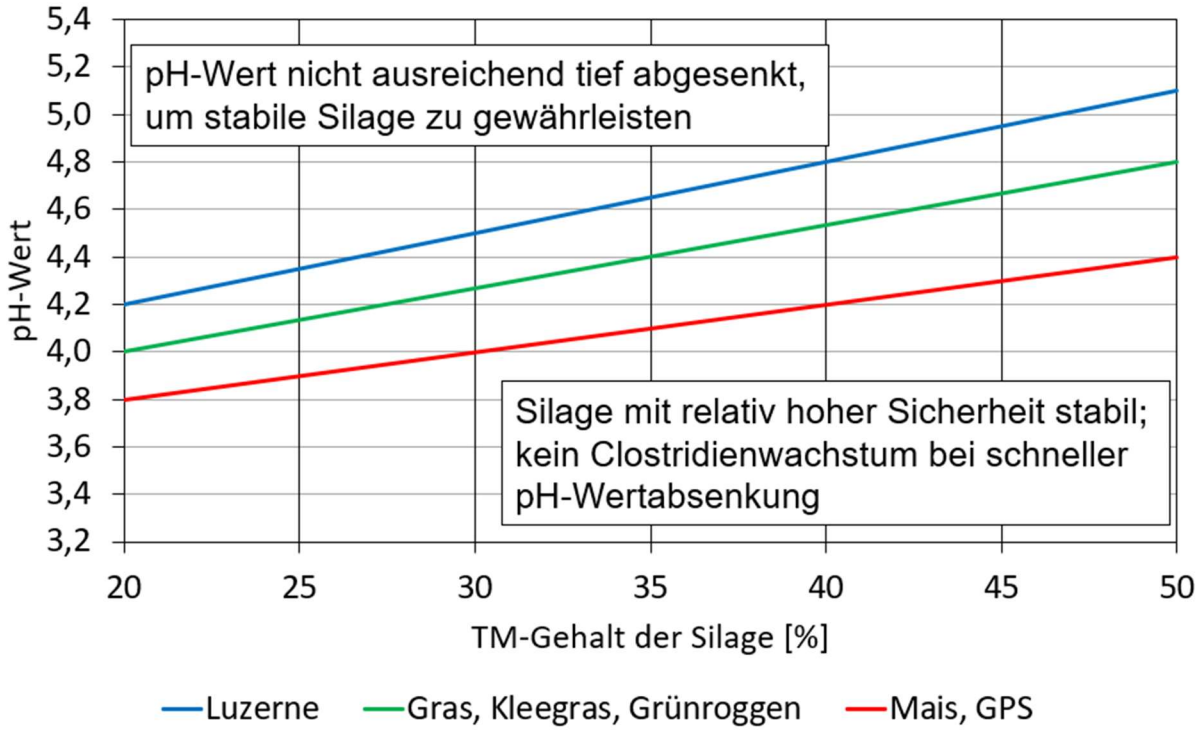


Abbildung 1 Beurteilung des pH-Wertes in Abhängigkeit vom TM-Gehalt und der Art des Silierguts (Pieper, 2018)

Wie kommen Clostridien in die Silage?

Der Hauptweg der Kontamination führt über verschmutztes Futter. Daher trägt die Vermeidung von Boden- und Güllekontamination auch zur Reduzierung der Kontamination mit Clostridien bei. Dies kann durch pflanzenbauliche Maßnahmen (z.B. gesunde Pflanzen, Vermeidung von nackten Böden, Nachsaat, Reduzierung von Reifenspuren, Reduzierung von Maulwürfen, Wühlmäusen und Mäusen, Reduzierung von Maulwurfshügeln, angepasste organische Düngung), sorgfältige Ernte (z.B. Schnitthöhe mind. 5-7cm, Welken, Wenden, Höhenverstellung der Erntemaschinen) und sauberen Transport und Silierung (z.B. saubere Wege, saubere Bereiche um das Silo) erreicht werden.

Was passiert mit Clostridien in der Silage?

Clostridien können die Silagequalität beeinträchtigen, besonders bei Silagen bei denen mehrere begünstigende Faktoren zusammenkommen. Diese sind insbesondere niedriger Trockensubstanzgehalt (<30 %), hoher pH-Wert (> 4,6), niedriger Gehalt an vergärbaren Kohlenhydraten, hohe Pufferkapazität (z. B. hoher Proteingehalt oder hoher Aschegehalt) und hohe Temperaturen (> 25 °C).

Nach der Silierung wird der verbleibende Sauerstoff von Bakterien und Pilzen zur Energiegewinnung genutzt. Sobald der gesamte Sauerstoff verbraucht ist, beginnt die anaerobe Hauptgärphase. In dieser Phase konkurrieren Clostridien und andere unerwünschte Bakterien mit Milchsäurebakterien um Pflanzenzucker. Sobald homofermentative Milchsäurebakterien hohe Mengen an Milchsäure produzieren und der pH-Wert unter 4,0 sinkt (bei Silagen mit Trockenmasse <30%), wird die Aktivität der Clostridien gestoppt. Während der Lagerphase sterben vegetative Zellen ab, allerdings können die Sporen der Clostridien überleben.

Fehlgärung durch Clostridien können vor allem bei feuchten Silagen (<30 % Trockenmasse) mit niedrigem Zuckergehalt auftreten oder wenn ineffektive Milchsäurebakterien Zucker verbrauchen und zu wenig Milchsäure produzieren. In dieser Situation sinkt der pH-Wert nicht schnell genug und nicht niedrig genug, um stabile

Lagerbedingungen zu erreichen. Anschließend nutzen Clostridien die vorhandene Milchsäure und produzieren in einer zweiten Fermentationsphase Buttersäure, Wasser sowie Kohlendioxid und Wasserstoff. Da Buttersäure eine viel schwächere Säure als Milchsäure ist und 2 Moleküle Milchsäure in ein Molekül Buttersäure umgewandelt werden, steigt der pH-Wert bei diesem Fermentationsprozess an. Manchmal kann dieser Prozess sogar die gesamte Milchsäure verbrauchen. Darüber hinaus bauen proteolytische Clostridien Aminosäuren ab, was zu erhöhten Ammoniak-, Kohlendioxidkonzentrationen und erhöhten Konzentrationen an biogenen Aminen und einem weiteren Anstieg des pH-Wertes führt. Dies kann letztendlich zum vollständigen Verderb der Silage führen.

In der Lagerphase (z.B. bei Rissen und Löchern in der Folienabdeckung) und der Fütterungsphase können Clostridien ebenfalls eine Rolle beim aeroben Verderb spielen. Es wird angenommen, dass sich Clostridien nach Luftexposition in Mikro-Nischen entwickeln, die von aeroben Mikroorganismen wie Hefen und *Bacillus spp.* gebildet werden, die Milchsäure und Aminosäuren verwerten. Bei diesem Prozess reduzieren sie die Sauerstoffkonzentration und erhöhen den pH-Wert, wodurch die Bedingungen für die Entwicklung der Clostridien ideal sind.

Selbst in Silagen mit idealem Trockensubstanzgehalt zwischen 30 und 45 % und ausreichendem Zuckergehalt kann Buttersäure zu Beginn einer langsamen Hauptgärphase für eine begrenzte Zeit durch Clostridiengärung entstehen. In dieser Situation sinkt der endgültige pH-Wert jedoch normalerweise so weit ab, dass die Buttersäureproduktion gestoppt und eine stabile Silage (mit erhöhter Buttersäurekonzentration) erzeugt wird.

Die Fehlgärung durch Clostridien verringert den Nährwert der Silage durch den Abbau von Aminosäuren und hohe Fermentationsverluste. Darüber hinaus können hohe Konzentrationen biogener Amine für Tiere schädlich sein, die Futteraufnahme verringern und somit die Leistung der Tiere beeinträchtigen.

Wie kann der Landwirt die Fehlgärung durch Clostridien beurteilen?

Silagen, die durch Clostridien verdorben sind, haben einen erhöhten pH-Wert. Gemäß DLG-Bewertungsschlüssel erreichen Silagen nur die volle Punktzahl, wenn sie pH-Werte bis 4,0, bei einem Trockenmassegehalt von < 30 %, bzw. pH-Werte bis 4,5, bei einem Trockenmassegehalt zwischen 30 und 45 %, aufweisen. Des Weiteren riechen schlecht fermentierte Silagen nach Buttersäure, ranziger Butter oder im schlimmsten Fall nach Abwasser. In der Laboranalytik können Landwirte die Buttersäurekonzentration (< 3 g/kg TS), den NH_3-N am Gesamt-N (< 8%), biogene Amine (< 5 g/kg TS) oder die Sporenzahl von Clostridien bestimmen.

Wie wirkt BIO-SIL® gegen Clostridien?

BIO-SIL® kann gegen Clostridien wirken, indem es den pH-Wert sehr schnell senkt und den End-pH-Wert durch effektive Produktion hoher Milchsäuremengen stark reduziert. Die homofermentativen Milchsäurebakterien in BIO-SIL® können ein sehr breites Spektrum an Zuckern für die Milchsäureproduktion nutzen. Milchsäure ist eine stärkere Säure als Essigsäure oder Buttersäure, und daher ist der endgültige pH-Wert, der sich aus demselben Futter ergibt, bei der Verwendung homofermentativer Bakterien niedriger als bei heterofermentativen Bakterien.

In mit BIO-SIL® behandelten Silagen findet man einen niedrigeren pH-Wert, niedrigere Buttersäurekonzentrationen, einen niedrigeren NH_3-N zu Gesamt-N (%) und niedrigere Konzentrationen an biogenen Aminen im Vergleich zu Kontrollsilagen oder heterofermentativ vergorenen Silagen. Dies sind Hinweise auf eine erfolgreiche Unterdrückung der Fehlgärung durch Clostridien.

Wie kann die Silagequalität verbessert werden, wenn das Risiko einer Kontamination mit Clostridien und Fehlgärung besteht?

Bei suboptimalen Silierbedingungen, wie z. B. einer hohen Bodenkontamination in Verbindung mit einem niedrigen Trockensubstanzgehalt (<30 %) und einem niedrigen Zuckergehalt, müssen Maßnahmen zur Steuerung der Fermentation und zur Vermeidung Fehlgärung durch Clostridien ergriffen werden. Wenn möglich, sollte die Silage

angewelkt werden, um die Trockenmasse- und die Zuckerkonzentration zu erhöhen. Ist das Anwelken nicht möglich oder nicht ausreichend, kann Zucker durch Zugabe von Melasse zugesetzt werden und die Fermentation muss durch homofermentative Bakterien (BIO-SIL®) gesteuert werden. Andernfalls kann der Zuckerbedarf durch Zugabe von gepufferter Ameisensäure (Amasil® NA) reduziert werden, indem mit der Säure, je nach TS-Gehalt und Art des Siliergutes, der pH-Wert auf 4,8 bis 4,4 (Tabelle 1) abgesenkt wird. Der Zucker des Siliergutes sollte dann durch Zugabe hochwirksamer, homofermentativer Milchsäurebakterien (BIO-SIL®) fermentiert werden, um einen niedrigen pH-Wert für eine stabile Silage zu erreichen. Im BIO-SIL® sind lebende Bakterien enthalten und daher muss BIO-SIL® getrennt von Melasse oder gepufferter Ameisensäure appliziert werden.

Der Sonderfall von Clostridium botulinum

Es gibt dokumentierte Fälle, in denen Pferde und Rinder mit Ballensilage gefüttert wurden, was zu Botulismus führte, der durch das Toxin von C. botulinum verursacht wurde. C. botulinum ist in der Natur weit verbreitet und daher ist es wahrscheinlich, dass es in geerntetem Pflanzenmaterial vorkommt. Proteolytische (Protein abbauende) und nicht-proteolytische Stämme werden bei einem pH-Wert von etwa 4,6 gehemmt. Nicht-proteolytische Stämme können auch bei 5 °C Toxin produzieren, während proteolytische Stämme unter 10 °C gehemmt werden. Im Allgemeinen bevorzugen Clostridien feuchte Bedingungen für aktives Wachstum. Wenn das Material auf 35 % Trockenmasse angewelkt ist, wird die Aktivität unterdrückt, und wenn das Material auf >40 % Trockenmasse angewelkt wird, wird die Aktivität vollständig gehemmt.

Eine große Gefahr besteht allerdings, wenn ein Tier (z.B. Fuchs oder Reh) von einer Erntemaschine erfasst und getötet wird und der Kadaver im Siliergut landet. Bei Ballensilage ist die Schnittlänge in der Regel länger, um die Verdichtung zu verbessern, das Material ist trockener und die Kadaver werden nur in einem oder zwei Ballen eingearbeitet. Daher sind die Stücke des Kadavers, die angesäuert werden müssen, größer, und eine schnelle und vollständige Ansäuerung ist fraglich. In einer trockenen Silage bilden diese Stücke Inseln aus nassem Material mit hoher Pufferkapazität und damit idealen Bedingungen für Clostridien. Falls der Kadaver bemerkt wird, sollten betroffene Ballen entsorgt werden. Es können auch Silagen in einem Labor mikrobiologisch auf Clostridium botulinum untersucht werden. In Fahrsilos ist die Schnittlänge in der Regel kürzer und das betroffene Material wird über das gesamte Silo verteilt. Die Trockenmasse in Fahrsilos liegt in der Regel zwischen 30 und 45 %, was ideal für die Milchsäureproduktion und eine schnelle pH-Senkung ist. Daher ist das Risiko für Botulismus durch mit Kadavern kontaminiertes Futter bei gut fermentierten Silagen aus Fahrsilos geringer als bei Ballensilagen. Dennoch ist die Zugabe eines hochwirksamen homofermentativen Siliermittels wie BIO-SIL® sinnvoll, um die Silagequalität zu verbessern und das Risiko einer Clostridiengärung zu verringern.

Referenzen:

McDonald, P., A. R. Henderson, S. J. E. Reiher. The Biochemistry of Silage. Zweite Auflage. Chalcombe Publications (1991). ISBN 0 948617 22 5.

Bundesarbeitskreis Futterkonservierung. Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Überarbeitete Auflage. DLG Verlag (2012). ISBN 978-3-7690-0791-6.

DLG e.V. Ausschuss Futterkonservierung, Grobfutterbewertung Teil B – DLG Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Information 2/2006 (2006). https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Landwirtschaft/Tierhaltung/Futtermittel/Fachinfos/Futterkonservierung/grobfutterbewertung_B.pdf.

Buxton, D. R., R. E. Muck and J. H. Harrison. Silage Science and Technology. No. 42 in the series AGRONOMY. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. (2003). ISBN 0-89118-151-2.