Zur Schwefelversorgung der Milchkühe

Prof. Dr. Manfred Hoffmann
Fütterungsberater beim LKV Sachsen

Während in einem Beitrag in agrarheute 01/2015 noch von Schwefel als zwar lebensnotwendiges, aber vernachlässigtes Element in der Milchkuhfütterung gesprochen wurde, gilt heute der Schwefel nicht nur als ein Hauptnährstoff in der pflanzlichen Erzeugung, sondern gehört neben Phosphor, Kalzium, Magnesium, Natrium , Kalium und Chlor zu den sieben lebensnotwendigen Mengenelementen für die Rinderfütterung. Er sollte grundsätzlich in jeder Rationsberechnung berücksichtigt und bei Futtermitteluntersuchungen bestimmt werden.

Die wichtigsten Funktionen des Schwefels in der Pflanze und im Organismus des Wiederkäuers sind in der Übersicht „Funktionen des Schwefels" zusammengefasst.
Die Übersicht zeigt, dass bedeutende Stoffwechselprozesse durch das Vorhandensein von Schwefel ermöglicht werden und ihm eine große Rolle für die Stabilität und Gesundheit einer Herde zukommt. Besonders hervorgehoben werden soll die Rolle des Schwefels bei der Eiweißbildung und die Wirkung als Bestandteil von endogenen Antioxidanzien.

Übersicht 1

Funktionen des Schwefels

<u>in der Pflanze</u>

im Boden vorwiegend organisch gebunden, wird von Bakterien umgewandelt in elementaren Schwefel und zu Sulfat (SO4) oxidiert, die Aufnahme durch die Pflanzen
erfolgt als Sulfat

- Aufbau von Proteinen (Eiweiß) – Bestandteil der schwefelhaltigen Aminosäuren. Das Verhältnis von Stickstoff : Schwefel soll 10–15 : 1 betragen.
- Bestandteil der Zellmembran
- Bestandteil verschiedener Enzyme
- Bestandteil verschiedener Verbindungen gegen Insektenfraß
- fördert Widerstandskraft gegen Trockenheit und erhöht Frostverträglichkeit
- fördert bei einigen Nutzpflanzen die Resistenz gegenüber Pilzkrankheiten (Bloem u.a., 2012)

<u>im Organismus des Wiederkäuers</u>

der mit dem Futter in organischer oder vorwiegend in anorganischer Form aufgenommene Schwefel wird durch die Pansenbakterien zu schwefelhaltigen Aminosäuren aufgebaut, die der Bildung von Bakterienprotein dienen, die im Dünndarm resorbiert werden

- Bestandteil von Proteinen (Gehalt 0,5 – 2,0 % S), 90 % des Schwefels liegen im Organismus als Bestandteil der essentiellen Aminosäuren Methionin, Cystin und Cystein vor

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/

- Bestandteil von Keratin u.a. im Klauen/Horn, in Wolle/Haar, es bildet Sulfhydrylgruppen (-SH) und Disulfidgruppen in Strukturproteinen, als Chondroittinsulfat in Knorpel und Bindegewebe
- Schwefel ist Bestandteil von Glutathion, eine der Schlüsselverbindungen im antioxidativen System
- Bestandteil von Enzymen, besonders von Coenzym A im Energiestoffwechsel
- Bestandteil von Vitaminen (Thiamin, Biotin)
- Bestandteil von Hormonen (Insulin, Oxytocin)
- cysteinreiche Moleküle (Metallothioneine) wirken im Spurenelementstoffwechsel, als Regulatoren und zur Entgiftung.

Bei einem Mangel an Schwefel muss mit folgenden Auswirkungen gerechnet werden:

- Störungen der bakteriellen Proteinsynthese im Pansen, besonders begrenzt ein Methioninmangel die Bildung von bakteriellem Protein, Verminderung der Intensität der Pansenfermentation
- Erhöhung der Wiederkauzeit, sowie erhöhter Speichel- und Tränenfluss
- Verminderung der Futteraufnahme mit den bekannten Folgen
- Erhöhung der Zahl der somatischen Zellen in der Milch (Zellzahl)
- Verminderung der Zelluloseverdaulichkeit,
- Verminderung des antibiotischen Potenzials
  - ungenügende Synthese von Glutathionperoxidasen, die als endogene Antioxidanzien „freie Radikale" zurückdrängen und den Organismus vor negativen Faktoren des oxidativen und nitrosativen Stress schützen, sowie die Immunität und die Abwehrkräfte gegen Haltungs- und Fütterungsfehler, sowie gegen Infektionen stärken
- gestörte Keratinbildung in den Klauen (ungenügende Festigkeit), vermehrtes Auftreten der Klauenrehe
- Schwefel ist mit Chlor als anionisch wirkendes Element „Gegenspieler" der Alkalien Kalium und Natrium, bei Mangel kommt es zu einer erhöhten DCAB (siehe agrarheute Rind Heft 01/2022) und damit zu einem erhöhten Gebärparese-Risiko (siehe dlz- primus Rind Heft 10, 2014)
- bei längerem Schwefelmangel kann es zu erhöhter Mortalität kommen.

Für die Rationsberechnung und zur Kontrolle der Gesamtration werden die in der Tabelle 1 „Schwefelbedarf der Milchkühe" angegebenen Werte empfohlen.

Bei Stoffwechseluntersuchungen kann mit folgenden Referenzwerten gerechnet werden:

für Serum 750 - 1200 mg S / l
für Harn 350 - 2000 mg S / l.

Zu beachten ist, dass bei den hier angegebenen Grenzwerten sowohl die negativen Auswirkungen bei Mangel an Schwefel in der Ration als auch die gesundheitlichen Schäden bei einem Überangebot angezeigt werden.

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/

Tab. 1: Schwefelbedarf der Milchkühe

	Futteraufnahme	Schwefel	
	kg TS	g /Tier u. Tag	g / kg TS
laktierende Kühe			
10**	12,5	15	1,2
20	16,5	23	1,4
30	19,5	36	1,8
40	23,0	46	2,0
50	26,0	56	2,2
trockenstehende Kühe			
bis 3. W.a.p.	12,0	18	1,5
ab 3. W. a.p.	12,0	18 - 24	1,5 - 2,0

* 650 - 700 kg Körpermasse ** kg Milch je Tier u. Tag

Eine Besonderheit des Schwefels ist der relativ kleine Bereich einer optimalen Versorgung, der zwischen 1,5 – 2,2 g Schwefel / kg Trockensubstanz der Gesamtration liegt.
Eine weitere Besonderheit des Schwefels ist der enge Abstand der optimalen Versorgung vom Gehaltsbereich, in dem bereits mit negativen Auswirkungen gerechnet werden muss. Schon bei einem Gehalt ab 3 g Schwefel / kg TS tritt ein merklicher Rückgang der Futteraufnahme ein. Bei Gehaltswerten über 4 g Schwefel / kg TS treten Imbalanzen mit anderen Mineralstoffen ein, besonders bei Kupfer und Selen wird durch einen Schwefelüberschuss die Absorption stark eingeschränkt, so dass sekundärer Kupfer- und Selenmangel festgestellt wird (zu den Symptomen siehe agrarheute Rind 01/2022).

Ein Schwefelüberschuß führt zu gesundheitlichen Störungen und subklinischen, sowie klinischen Erscheinungen, die im folgenden genannt werden:

- Pansenfermentationsstörungen,
- Antagonistische Wirkungen auf Kupfer und Selen, evtl. auch Mangan und Zink. Ein Kupfermangel wird schon bei geringem Schwefelüberschuss durch die Bildung von schwerlöslichem Kupfersulfid im Pansen ausgelöst
- niedrige DCAB (siehe auch agrarheute Rind Heft 1, 2022),
- vielfältige Stoffwechselstörungen, die sich aus der Funktion des Schwefels im Stoffwechsel ergeben (siehe Übersicht „Funktionen des Schwefels“)
- starke Leberbelastung, mit dem Futter und aus der Tränke aufgenommene Schwefelverbindungen werden im Pansen zu Sulfid (H2S) abgebaut und für die bakterielle Proteinsynthese genutzt bzw. werden absorbiert und über die Leber „verstoffwechselt“
- Portal anflutendes Sulfid (durch die Pfortader direkt der Leber zugeführt) wird in der Leber wieder zu Sulfat oxidiert. In Abhängigkeit von der S-Quelle werden 30 – 80 % absorbiert, die Ausscheidung erfolgt über Kot, Harn und Milch.
- Schwefel aus der Gülle kann auch über den pulmonalen Weg (Atmung) unter Umgehung der Leber in den Stoffwechsel gelangen

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/

- Bei Überfrachtung von Schwefel im Pansen können große Mengen von gasförmigem Sulfid (H2S) auftreten, die negativen Auswirkungen auf den Stoffwechsel haben. Durch die gasförmigen Sulfide kann eine Polioencephalomalazie ausgelöst werden (Appetitlosigkeit und schwere neurologische Symptome), die durch Thiamingaben nicht therapiert werden können (Vitamin B1- Mangel, z.B. bei intensiv gefütterten Mastbullen und in der Lämmermast).

Ein Zitat aus der älteren veterinärmedizinischen Literatur soll noch einmal zeigen, dass die Probleme eines Schwefelüberschusses schon lange bekannt sind: „Bei einer Überschreitung von S-Gehalten von 3-4 g je kg TS als elementarer Schwefel oder als Sulfat muss bereits mit toxischen Effekten gerechnet werden"(Kanylis, 1984).

Der Schwefelgehalt in den Futtermitteln ist abhängig von der Pflanzenart, von der Verfügbarkeit im Boden, vom Vegetationsstadium sowie von der Düngung.
Über 80 % des Schwefels liegen im Boden in organisch gebundener Form vor. Die Pflanze kann Schwefel aus dem Boden nur als Sulfat aufnehmen, der dann in die Aminosäure Cystin eingebaut wird, aus der dann alle anderen schwefelhaltigen Inhaltsstoffe (u.a. Methionin, Glutathion) gebildet werden.
Sulfat kann leicht ausgewaschen werden, so dass eine Vorratsdüngung nicht möglich ist und besonders leichte Böden als potentielle Mangelstandorte gelten. Der Düngerbedarf wird einmal durch die Bodenanalyse ermittelt, kann aber auch relativ sicher durch die Pflanzenanalyse bestimmt werden (Richtwert für ausreichende Versorgung bei Gras 1. Schnitt: 3,0 g S / kg TS, (vorläufig, VDLUFA)). Eine Düngung erfolgt in Sulfatform mit 20 – 30 kg S/ha mit verschiedenen Düngemittelarten.
Eine Schwefelanreicherung wird durch Stallmist (3 – 8 kg / 100 dt) und durch Gülle (2–7 kg S/10 m3) erreicht, sie eignen sich aber nicht bei akutem S-Mangel im zeitigen Frühjahr (Albert, 2004).

Leider liegen für den Schwefelgehalt in Futtermitteln nur unzureichend zusammenfassende aktuelle Tabellen vor, so dass auf teilweise ältere Tabellen (Nehring u.a. 1972) oder auf wissenschaftliche Zusammenfassungen zurückgegriffen werden muss (u.a. Steinhöfel u.a. Rekasan-Journal 2017, 24, 13-15).

Die umfangreichen Silageuntersuchungen der LKS-mbH Lichtenwalde ergaben die in der Tabelle „Gesamtschwefelgehalte in Silagen und Mischrationen" aufgeführten Gehaltswerte. Die Werte für Maissilage sind relativ niedrig und konstant, sie zeigen Schwankungen von 0,7 – 1,3 g S / kg TS. Bei den Grassilagen liegen die Schwefelgehalte höher und schwanken von 1,8 – 3,1 g S / kg TS.

Der Gehalt in den Mischrationen für Milchkühe zeigt im Mittel der Proben einen relativ hohen Wert, der nur teilweise durch Grassilage, aber vielmehr durch Konzentrate bedingt ist. Bei möglichen Schwankungen zwischen 2 – 4 g / kg TS wird deutlich, dass das Einhalten der

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/

angegebenen Höchstgehalte in Rationen ein dringendes und aktuelles Problem ist und höchste Beachtung erfordert.

Tab. 2: Gesamtschwefelgehalt in Silagen und Mischrationen für laktierende Kühe (g S/kg TS)

Jahr	Gras und Leguminosensilagen	Maissilage	Mischrationen für Kühe
2006	2,5	1,1	
2007	2,3	1,0	2,61
2008	2,3	1,0	
2009	2,4	1,0	
2010	2,3	1,1	
2011	2,3	0,9	2,57
2012	2,6	1,0	
2013	2,4	1,1	
2014	2,2	1,0	
2015	2,2	1,0	2,55
2016	2,4	1,0	2,67
2017	2,4	1,0	2,82
2018	2,6	1,0	2,78
2019	2,2	1,0	2,73
2020	2,3	1,0	2,72
2021	2,3	0,9	2,62

Die Zahlen bestätigen die Fütterungspraxis, dass bei maissilagebetonten Rationen und bei den trockenstehenden Kühen mit hohem Stroheinsatz (Gehalt 1,2 – 1,4 g S / kg TS Stroh) auf eine ausreichende Schwefelversorgung zu achten ist. Von Kessler (1996) wird empfohlen, bei maissilagebetonten Rationen, die mit Harnstoff ergänzt werden, je 100 g Harnstoff 3 – 4 g Schwefel zusätzlich zu verabreichen (in Form von Na- oder Kaliumsulfat).

Die Konzentrate zeigen je nach Herkunft einen sehr unterschiedlichen Schwefelgehalt. In der Tabelle 3 „Schwefelgehalt ausgewählter Konzentrate“ sind einige Beispiele aufgeführt.

Besonders im Zusammenhang mit den Erkenntnissen zur DCAB bei trockenstehenden und auch bei laktierenden Kühen spielt die Schwefelversorgung eine zunehmende Rolle. Der teilweise hohe Einsatz von Rapsextraktionsschrot (futtermittelspezifische Restriktion < 5 kg / Tier und Tag), sowie die Verwendung von Sulfaten im Mineralfutter erhöhen den Schwefelgehalt teilweise über den Grenzwert.

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/

Tab. 3: Schwefelgehalt in ausgewählten Konzentraten

Futtermittel	g S / kg TS
Biertreber	0,9
Erbsen	1,4
Getreide	1,6
Harnstoff	0,0
Maiskleber	6,8
Maiskleberfutter	3,5
Melasse	2,6
Pressschnitzel	3,5
Rapsextraktionsschrot	16,5
Rapsextraktionsschrot, behandelt	16,5
Sojaextraktionsschrot	4,6
Sojaextraktionsschrot, behandelt	4,6
Trockengrünfutter, Luzerne	3,4

Da Sulfat aus dem Tränkwasser in gleicher Weise in den Pansen- und Intermediärstoffwechsel einbezogen wird, wie die Schwefelverbindungen aus dem Futter, muss die Schwefelaufnahme aus dem Tränkwasser mit in die Ration einbezogen werden (zulässiger Grenzwert 1.000 mg Sulfat (= 334 mg Schwefel/Liter). Die ungenügende Beachtung dieser Faktoren haben in verschiedenen Herden zu Leistungsrückgang und gesundheitlichen Beeinträchtigungen geführt.

Es wird dringend empfohlen:

- grundsätzlich den Schwefel bei der Rationsberechnung zu berücksichtigen
- es ist zu gewährleisten, dass die Grenzwerte für den Optimalbereich der Schwefelversorgung eingehalten werden, um sowohl Mangelzustände als auch Überschüsse zu vermeiden
- den Schwefelgehalt bei allen Grobfutteruntersuchungen, besonders der Silagen und im Tränkwasser regelmäßig bestimmen zu lassen
- bei Mineralfuttermitteln sind die Schwefelgehalte der jeweiligen Mischung anzugeben
- bei zugekauften Futtermitteln sollte grundsätzlich bei der Angabe der Inhaltsstoffe der Schwefelgehalt mit aufgenommen werden.

Beispiel zur Schwefelbelastung in der Milchviehherde eines Betriebes.

Situation: zu geringe Futteraufnahme, erhöhte Zellzahl, zunehmend Klauenprobleme u.a. Stoffwechseluntersuchungen weisen sowohl für die laktierenden als auch für die trockenstehenden Kühe eine azidotische Belastung aus. Beim pH-Wert im Harn zeigt sich, dass mehr Werte über 8,4, aber keine unter 7,0 auftreten. Bei den trockenstehenden Kühen fällt das extrem niedrige Natrium-Niveau auf.

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/

Die Tränkwasseruntersuchung ergibt einen Sulfat-Gehalt von 1,5 g/l. Die Rations-zusammensetzung zeigt keine Besonderheiten. Richtigerweise wurden zuerst die Mischrationen untersucht:
Ration trockenstehende Kühe (tr.K.) 3,5 g / kg TS
Ration für laktierende Kühe (lK): 2,7 g S / kg TS, DCAB lag mit 129 mval/ kg TS niedrig.
In beiden Mischrationen waren alle anderen Mineralstoffe im Bereich des Bedarfes.

Ermittlung der Gesamtaufnahme an Schwefel aus Tränkwasser + Ration:
(Umrechnungsfaktor S aus SO4 x 0,334)
Schwefelaufnahme aus dem Tränkwasser:
tr.K: bei 50 l / Tier und Tag 75 g Sulfat = 25,1 g S
lK: bei 100 l / Tier und Tag 150 g Sulfat = 50,1 g S
Es wurde eine tägliche Futteraufnahme von 22 kg TS bei den laktierenden Kühen und von 12 kg bei den trockenstehenden Kühen angenommen.
Daraus ergibt sich folgende Schwefelaufnahme aus Mischration + Tränkwasser
in g Schwefel / kg TS der Ration:
tr.K. : 3,5 (aus Mischration) + 2,1 (25,1/12) (aus Tränkwasser) ≈ 5,6 g
lK:. : 2,7 (aus Mischration) + 2,3 (50,1/22) (aus Tränkwasser) ≈ 5,0 g
In beiden Rationen liegt der Schwefelgehalt in der Ration erheblich über dem Grenzwert und die überhöhte Schwefelmenge ist Ursache der aufgetretenen Störungen.

Schlussfolgerung:
Im vorliegenden Fall müssen die Rationen unter Berücksichtigung des Schwefelgehaltes neu zusammengesetzt werden. Schwefelreiche Futtermittel sind restriktiv einzusetzen. Schwefelhaltige Salze in Mineralfuttermitteln sind zu vermeiden, auch im geburtsnahen Zeitraum. Unter den vorliegenden Bedingungen sind Chlorverbindungen (Bio-Chlor oder CaCl2 mikroverkapselt) zur Absenkung der DCAB zu empfehlen. Das Tränkwasser ist für Milchkühe aufgrund des hohen Sulfatgehaltes nicht geeignet. Es muss aufbereitet (Angebote einholen) oder durch andere Wasserquellen ersetzt werden.

Überarbeitete Fassung einer Veröffentlichung in
dlz-agrarheute Rind Heft 3 / 2022 (in Druck)

Stand: Januar 2022

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:
https://www.lkvsachsen.de/footernavi/datenschutzerklaerung/