

Selen – ein wichtiges Element für gesunde Kühe

Prof. Dr. M. Hoffmann

Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Lichtenwalde

Die Erfahrungen zeigen, dass eine Diskrepanz zwischen Gesundheit und Nutzungsdauer auf der einen Seite und hoher Leistung mit hohen Anforderungen an Haltung und Ernährung auf der anderen, durch eine hohe Stabilität der Herde verringert wird. Der Allgemeinzustand der Tiere muss so stabilisiert werden, dass nicht zu vermeidende negative Einflüsse in hohem Maße kompensiert werden können.

Hierbei haben die Erkenntnisse der letzten Jahre zum oxidativen und nitrosativen Stress große Möglichkeiten für die Praxis gebracht. Durch Mangel an Antioxidanzien und / oder durch Zunahme „freier Radikale“ als Folge von negativen Umwelteinflüssen, ungünstigen Haltungsbedingungen oder Fütterungsfehlern wird das Gleichgewicht zwischen oxidativen und antioxidativen Potenzial gestört, es kommt zum oxidativen/nitrosativen Stress (free radical diseases). Dieser Zustand führt zu erheblichen gesundheitlichen Schäden. An erster Stelle steht eine drastische Immunsuppression (bei Rindern „macrophages-burst-syndrom, d.h. Rückgang der Macrophagen, Phagozyten u.a., gestörte Antikörperbildung, Prädisposition für entzündliche Prozesse und Infektionen) sowie hochgradige Leberschäden (Einschränkung der Entgiftungskapazität).

Der tierische Organismus ist mit einem „Abwehrsystem“ ausgerüstet. In diesem Abwehrsystem gegen die schädliche Wirkung der Oxidanzien und freien Radikale nimmt das Selen eine zentrale Rolle ein.

Neben den mit dem Futter zugeführten Antioxidanzien (exogene Antioxidanzien, wie z.B. β -Carotin, Vitamin E, bestimmte Phenole u. a. sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe), werden wichtige selenhaltige Enzyme im Körper gebildet (endogene Antioxidanzien), die im Zentrum des antioxidativen Potenzials stehen. Ihre Synthese setzt eine ausreichende Versorgung mit Selen voraus. Somit besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Selenversorgung und dem Immunstatus einer Herde.

Das Selen kann im Stoffwechsel drei Verteilungsräumen, d.h. drei Pools zugeordnet werden (Zeyner, 2007): den metabolen, austauschbaren Pool (mit Selenit und Selenat und den entsprechenden Reduktionsprodukten), den funktionellen Pool mit den Selenoproteinen und schließlich ein Depot, in dem Selenoaminoacids unspezifisch in Körperproteine eingebaut sind.

Der folgende Überblick (Tabelle 1) zeigt eine Zusammenfassung der wichtigsten Stoffwechselfunktionen des Selen (zu einzelnen Prozessen und Umsetzungen des Selen im Stoffwechsel wird auf die Spezialliteratur verwiesen).

Tab. 1: Funktionen des Selen im Stoffwechsel

• Zentrale Stellung im antioxidativen System Bestandteil der Glutathionperoxidasen (GPX 1 - 6) wichtige Enzyme: Glutathionperoxidasen (GSH-Px) Se - Glutathionperoxidase (Se-GSH-Px) Superoxiddismutasen (SOD)
• Selenoproteine (> 20 bekannt) Blutplasma, Muskel u.a. vorw. Selenocystein, Selenomethionin
• Bestandteil der Jodthyronindeiodinase (wandelt T4 in aktives T3 um)
• Spezifische Wirkung im Prostaglandinmetabolismus
Funktionen teilweise in Kombination mit α-Tocopherol, aber nicht gegenseitig ersetzbar Vitamin A und Vitamin E fördern die Umsetzbarkeit des Selen (einschl. Absorption)

Die Versorgungsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2001) weisen 0,2 mg Selen / kg TS aus, die in den USA angewandten (NRC,2001;2005) fordern 0,3 mg Se / kg TS. Inzwischen gibt es einen gesetzlich vorgeschriebenen, ökologisch begründeten Höchstgehalt von 0,5 mg / kg der Gesamtration bei 88 % TS und davon höchstens 0,2 mg aus organischen Quellen (VO(EG) 1334 / 2003); EC Nr.427/2013); Flachowsky und Meyer, 2013). Die Tagesgaben in der Ration liegen zwischen 3 und 5 mg Selen je Tier bei den Milchkühen und 0,5 mg / 100 kg Körpermasse bei den Jungrindern.

Der Gehalt im Mineralfutter zur Ergänzung der Ration wird im Allgemeinen auf 20 – 40 g Selen je kg eingestellt.

Untersuchungen des Selen-Versorgungsgrades von Milchviehherden (Steinhöfel et al., 2013; 2017; Staufenberg, 2005, 2013) zeigen, dass der Gehalt in Mischrationen teilweise erheblich über den oben genannten Empfehlungen liegt, während parallel laufende Stoffwechseluntersuchungen in einer größeren Anzahl von Milchkuhherden deutlich unter den geforderten Grenzwerten lagen. Das lässt darauf schließen, dass das gefütterte Selen nicht stoffwechselgerecht zur Wirkung kommt.

Die Untersuchungen von Müller, Anja (2010) zeigten in Auswertung von 17.034 Proben, dass in den Bundesländern Nordwest 24,8 % der Proben, in Nordost 10,9 %, in Südwest 29,6 % und in Bayern 23,4 % eine Unterversorgung mit Selen (< 50 µg / Liter Serum) aufwiesen.

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutz/erklaerung/>

Es ist eindeutig, dass Blutplasma bzw. -serum und pigmentiertes Deckhaar sichere Indikatoren zum Nachweis des Versorgungsstatus von Selen sind (siehe Tabelle 2). Es hat sich bewährt und ist sehr effektiv, wenn mit der Selenbestimmung auch der Status des oxidativen Stress mit erfasst wird, indem die antioxidative Gesamtkapazität (TEAC) und die Selen-Glutathionperoxidase mit bestimmt werden.

Tab. 2: Einschätzung der Selenversorgung von Milchkühen (modifiziert nach Raven, Julia, 2013)

Versorgungslage		Serum	Plasma	Vollblut
mangelhaft	µg / L	< 30	< 30	< 30
marginal	µg / L	30 – 60	30 - 70	40 - 100
adäquat	µg / L	60 – 160	70 - 160	100 - 350
toxisch	µg / L	> 200	> 200	> 400
empf. Grenzwert	µg / L	> 60	> 70	

Erfassung des oxidativen Stress: mit Selenbestimmung koppeln

TEAC (Trolox Equivalent Antioxidative Capacity) >200 - 300 µmol/l (Miller,N.J. et al., 1996; Stohrer, 2000; Fürll et al., 2010)

Se-GSH-Px (erythrozytäre Se-Glutathion-Peroxidase) >140 U/mg Hämoglobin (HB) Dirksen et al. 2002; Durst, 2011

pigmentiertes Deckhaar >0,25 mg / kg (Anke, 1979, 1997)

Humann-Ziehank (2018) hält die zytosolische Glutathion-S-transferase alpha (aGST) zukünftig als Marker der metabolischen Relevanz verschiedener Selenmangelstadien für geeignet. Wenn keine besonderen Anlässe vorliegen, wird empfohlen, 2 x / Jahr eine Gruppe laktierender Kühe ohne klinische Erscheinungen zu untersuchen. Staufenbiel (2020a, 2020b) unterscheidet zwischen nutritiver und metabolischer Versorgungslage. Als Indikator für die nutritive Versorgung schlägt er die Selen-Ausscheidung im Kot vor (Medianwert 0,76. 0,50 – 1,16 mg /kg TS Kot), die logischerweise eine enge Korrelation mit der Aufnahme an Selen aus der Ration hat. Für die Einschätzung der metabolischen Versorgungslage kommen Blutserum und -plasma, Deckhaar und als sicherste Methode die Leberbiopsie in Frage. Nur beim Selen (und Jod) sind Blutproben mögliche Indikatoren. Schon Anke und Risch (1979) konnten bei Ziegen für nahezu alle relevanten Spurenelemente die engste Beziehung zum Versorgungsgrad mit dem Gehalt in der Leber feststellen, dem folgte für die langfristige Einschätzung des Versorgungsstatus das pigmentierte Deckhaar (siehe Tabelle 2). Bei dem Vergleich von Selenmangelziegen mit einer Kontrollgruppe wurde für den Selengehalt in Blutserum, Herzmuskel, Aorta, Milch, Skelettmuskel, Leber, Rippe, Lunge, Deckhaar, Milz und Nieren ein hoch signifikanter Unterschied festgestellt, lediglich bei Pankreas und Großhirn waren die Unterschiede schwach signifikant (Anke, 2002).

Die Milch mit einem Selengehalt von 30–50 µg/l ist als Indikator wenig untersucht und nur bedingt geeignet.

Der Selengehalt in Futtermitteln kann erheblich schwanken. Von großem Einfluss ist der Standort. Der Selengehalt hängt stark vom Selengehalt im Boden und von seiner Verfügbarkeit ab. In Mitteleuropa sind die Böden im Gegensatz z.B. zum amerikanischen Kontinent relativ selenarm. Um den Einfluss der geologischen Herkunft auf den Selengehalt der Futterpflanzen und den damit versorgten Milchkühen deutlich zu machen, sollen hier die umfangreichen Arbeiten von Anke und Mitarbeiter (1972,1997) und Anke und Risch(1979) gezeigt werden (Tabelle 3). Die Übereinstimmung in diesen wohl einmaligen Untersuchungen zwischen dem Gehalt im Klee gras und im Deckhaar der damit ernährten Rinder ist beeindruckend. Hier wird auch deutlich, dass besonders saure Böden und die anmoorigen Standorte prädestiniert für Selenmangel sind, das ständig durch die Praxis bestätigt wird (Spanders, 2002).

Tab. 3: Selengehalt (relativ) in Rotklee und pigmentiertem Rinderdeckhaar verschiedener Standorte (Anke, M., et al., 1979, 1997, 2002)

Standort	Rotklee	Deckhaar
Löß	100	100
Sandstein	58	45
Muschelkalk	55	49
Gneis	52	48
Diluvialer Sand	48	51
Porphy	52	44
Syenit, Phyllit	44	39
Buntsandstein	39	37
Granit, Schiefer	36	37
Gneis(Böhmerwald)	27	32
Anmoorige Böden	22	24

Der Gehalt an nativem Selen in Grobfuttermitteln (u.a. Gierus et al. 2002) und Konzentraten kann dementsprechend erheblich schwanken (Tabelle 4). Im Allgemeinen werden Angaben aus Tabellen verwendet, die aber für das Selen relativ lückenhaft bzw. nicht aktuell sind. In günstigen Fällen kann auf regionale Angaben zurückgegriffen werden, wenn in einer Region genügend Proben zur Untersuchung gebracht wurden. Die größten Schwankungen zeigen naturgemäß die Grobfuttermittel. Es kann festgestellt werden, dass der Gehalt an Selen in Verbindung mit den Ertragssteigerungen in den letzten drei Jahrzehnten zurück gegangen ist. Die Gehaltswerte im Futter werden von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, die sowohl den nativen Gehalt als auch die Absorbierbarkeit der gefütterten Selenmengen deutlich beeinflussen. Deshalb liefern Gehaltsbestimmungen in Mischrationen keine sicheren Aussagen zum Versorgungsgrad der Tiere.

Tab. 4: Selengehalt in ausgewählten Futtermitteln (mg/kg TS = ppm)

	Angaben ab 2000 *	DLG – Tabelle (1973)
Grünfuttermittel	0,08 - 0,20	
Gras- und Leguminosensilagen	0,05 - 0,25	
Maissilage (Teigreife)	0,01 - 0,10	
Trockengrünfutter	0,08 - 0,25	
Heu	0,05 - 0,20	
Weizen, Gerste	0,01 - 0,04	0,12 - 0,28
Maiskörner	0,02 - 0,13	0,07 - 0,10
Weizenkleie	0,15 - 0,25	
Sojaextraktionsschrot	0,13 - 0,41	0,21 - 0,32
Rapsextraktionsschrot	0,08 - 0,23	1,09 - 1,10
Weizenschlempe (getr.)	0,09 - 0,13	
Trockenschnitzel	0,04 - 0,06	0,14 - 0,18
Bedarf Milchkühe (GfE, 2001)	0,20	

* Schöne, F. et al. 2006; Datenbank LKS, 2016, Steinhöfel, 2003, 2006, 2013

In verschiedenen Ländern und Regionen wurden Versuche durchgeführt, durch Selendüngung der Futterpflanzen den Selengehalt zu erhöhen. So konnte die VZ Laimburg / Südtirol (Klotz, Ch. et al., 2011) mit einem Kalkdünger, der 0,04 % Se als Na-Selinat enthielt, bei einem Einsatz von 25 kg / ha (entspricht 10 g Selen / ha) den Selengehalt im Futtergras bis ins zweite Versuchsjahr gegenüber der nicht mit Selen gedüngten Variante wesentlich erhöhen. Der Ertrag wurde nicht erhöht. Im Allgemeinen wird aus nährstoffökonomischer Sicht die ertragsorientierte Düngung und die Ergänzung über die Zusatzstoffe der Vorzug gegeben. Beim Selen würde sich eine Ausnahme rechtfertigen, die mit der besonderen Wirkung des Selens einerseits und den Schwierigkeiten einer bedarfsdeckenden Versorgung andererseits zu begründen ist.

Rationen mit hohen Anteilen an Maissilagen, Zuckerrübenprodukten, Stroh und Getreide sind Schwerpunkte für eine begrenzte Selenversorgung.

In der Tabelle 5 sind die verschiedenen selenhaltigen Verbindungen aufgeführt, die futtermittelrechtlich zugelassen sind. Die Absorbierbarkeit anorganischer Selenverbindungen wird mit 30 – 80 % angegeben. Dabei ist der größte Unsicherheitsfaktor, dass im Pansen in Abhängigkeit vom pH-Wert Selenat in Selenit (Se+4) umgewandelt und das Selenit wiederum zu Selenid (Se-2) reduziert wird, das eine schwer lösliche Verbindung darstellt. Das absorbierte Natriumselenit ist kurzfristig im Intermediärstoffwechsel verfügbar, Überschüsse werden über die Nieren ausgeschieden, eine Speicherung, z.B. im Muskel, ist nicht möglich.

Tab. 5: Selenquellen zur Versorgung der Rinder (Futtermittelrecht, Grüne Broschüre (FZ), 2020 S. 258 – 264)

Anorganische Selen - Verbindungen
° Na ₂ SeO ₄ - Selenat
° Na ₂ SeO ₃ - Selenit
° pansengeschütztes Na-Selenit (Seprotect®) „Rumitrace“ in Fettmatrix/Fettcoating
° Langzeit - Bolus (Rumifert®) 1 Bolus: 13,4 g Cu; 0,5 g Co; 0,3 g Se (als Natriumselenat) 2 Boli für 6 Monate Matrix: gesintertes Glas
° Injektion (nur durch Tierarzt) vorw. Na- Selenit, intravenös,
Organische Selen - Verbindungen
° Selenhefen 2000 - 3500 mg Se / kg, 95 - 97 % in organischer Form aus <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (CNCM I-3060; NCYC R397)
° Selenmethionin 1000 - 3500 mg Se / kg aus <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (CNCM I-3399; NCYC R646)
° Hydroxy - Analog von Selenmethionin 18 000 - 24 000 mg Se /kg
° L - Selenmethionin
° DL - Selenomethionin

Seit einigen Jahren ist ein pansengeschütztes Na-Selenit im Einsatz, das in eine Fettmatrix eingebettet ist und günstige Absorptionsraten gewährleistet (Birkle, B. 2009, 2010; Dusel et al., 2008). Brucker und Schenkel (2012.) erhielten bei der Synthese von GSHPx bei Milchkühen zwischen pansengeschütztem Na-Selenit und Selenhefe den gleich hohen Wert, während er bei unbehandelten Na-Selenit deutlich niedriger lag. Beim Transfer in die Milch war der Selengehalt bei der Verfütterung der Selenhefe deutlich höher als bei den anorganischen Verbindungen. Mit einer Absorptionsrate von über 90 %, einer verlängerten Resorptionszeit und rel. Resistenz gegen Antagonisten hat sich dieses Produkt in der Praxis sehr gut bewährt und einen wichtigen Beitrag zur optimalen Selenversorgung vieler Milchviehherden geleistet. Der Einsatz der anorganischen Selenverbindungen nimmt bei der Herstellung von Mineralfuttermitteln, auch aus kommerziellen Gründen, einen großen Raum ein. Eine Injektion, intravenös mit Na-Selenit durch den Tierarzt, wird als therapeutische Maßnahme angesehen.

Alternativen zu den anorganischen Verbindungen sind die organischen Selenverbindungen (Tabelle 5). Sie unterliegen keinem Einfluss von Antagonisten, zeigen eine hohe Absorbierbarkeit, können Körperreserven bilden und gehen direkt in Kolostrum und Fötus über

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutz/erklaerung/>

(Tabelle 6). Nachteil ist der hohe Preis. (Weis, W.P., 2005- Auswertung der Literatur von 1991 – 2003; Wolfram, J. 2005; Roth und Scheidemann, 2007 u.a.).

Tab. 6: Vorteile des organisch gebundenen Selen

° 20 - 30 % besser absorbierbar als anorganische Verbindungen
° kein Einfluss durch Antagonisten
° Bildet Körperreserven (direkte Einbindung in Proteine)
° erhöht Selengehalt in Kolostrum und Milch
° direkter Transfer von Se in den Fötus
° in Anwesenheit von Sulfat um 50 % besser verfügbar
Nachteil: höherer Preis als anorganische Selenverbindungen

Zu beachten ist, dass anorganische Selenverbindungen in spezifischen Stoffwechselprozessen direkt in die entsprechenden Enzyme und Proteine eingebaut werden, dagegen werden die organischen Verbindungen (proteinogene Aminosäuren) unspezifisch in Körperproteine eingebaut, die keine selenabhängige Funktion haben. Dadurch kann es zu unkontrollierbaren Anreicherungen von Selen in verschiedenen Geweben und Organen kommen. Das ist auch der Grund, dass für die Aufnahme organischer Selenverbindungen ein Höchstwert festgelegt wurde (siehe oben). In tierischen Geweben und Organen überwiegen Selenocysteine, in pflanzlichen Geweben Selenomethionine, aus denen Selenocysteine gebildet werden können.

Bei der Zufütterung von Selen wird empfohlen, die Menge an anorganischen Selen nicht über 40 mg im kg Mineralfutter zu erhöhen, sondern diese Menge vollständig durch das pansengeschützte Produkt oder mindestens mit 30 % durch organische Selenverbindungen zu ersetzen.

Ein weiteres Problem ist das Vorhandensein von Verbindungen und Elementen, die eine antagonistische Wirkung haben. Sie legen Selen fest, d. h. bilden unlösliche Verbindungen und setzen die Absorbierbarkeit des Selen herab. Die Unsicherheit, dass Antagonisten sowohl im Stoffwechsel, als auch in der Mischung wirken, ist relativ groß, kann schwer eingeschätzt und kaum quantifiziert werden.

Als Antagonisten wirken: Schwefel (besonders als Sulfat), Magnesium, Kupfer, Nitrat/Nitrit, Arsen, Kadmium, Quecksilber, Cyanverbindungen.

Eine Zusammenfassung der aus der Literatur und der Praxis bekannten Störungen bei Selenmangel soll noch einmal die große Bedeutung des Selen für die Gesundheit der Milchviehbestände unterstreichen:

- Verminderung des antioxidativen Potentials (oxidativer und nitrosativer Stress)

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutzerklaerung/>

→ Immunsuppressionen und Zunahme entzündlicher Prozesse

- bei wachsenden Tieren Muskeldystrophie (Weißfleischigkeit – „white muscle disease“, enzootische Myodystrophie) und Wachstumsdepressionen im Zusammenwirken mit Vitamin E. Verbunden mit Erhöhung der Serum-Kreatininkinase (CK) auf $> 1000 \text{ U / l}$ (Dirksen, 2002)
- Geburt lebensschwacher Kälber, häufig mit verminderter Saugaktivität
- Ernährungsbedingte Lebernekrose
- Fruchtbarkeitsstörungen – Placentaretention, Aborte, Totgeburten
- Anämie
- exsudative Diathese (Blutergüsse, Ödeme)
- Bauchspeicheldrüsenatrophie

Als sekundäre Folgen bei Milchkühen:

- Rückgang der Futteraufnahme
- starker Anstieg der Zellzahl
- Gebärmutterentzündungen
- Bildung von Ovarialzysten
- Nachgeburtsverhaltungen
- stille Brunst, schlechte Trächtigkeitsrate
- traumatische Belastungen durch Muskeldegenerationen
- Gelenkerkrankungen.

Während bei Pferden über Zusammenhänge zwischen einer Überversorgung mit Selen und dem Auftreten von Hufrehe berichtet wird, sind Situationen einer Überversorgung bei Rindern in unserer Region sehr selten. Das Auftreten von Selenose („alkali disease“) als Folge eines Überschusses von Selen ist bei Rindern bei einem Gehalt $> 2 \text{ mg Selen / kg}$ der Ration (88 % TS) zu rechnen. Fruchtbarkeitsstörungen, Inaktivierung bestimmter Enzyme, verminderte Keratinbildung, Haarausfall, Missbildungen an den Klauen, Schädigungen an Schleimhäuten, Anämie und Leberzirrhose, Fress- und Bewegungsunlust sind typische Merkmale eines Selenüberschusses.

Fazit

Durch seine zentrale Stellung im antioxidativen System und dem direkten Zusammenhang zur Immunität ist Selen ein oft unterschätzter Faktor für die Stabilität der Milchkuhherden.

Die starke Beeinflussung des Selengehaltes in den Futtermitteln durch Bodenart, Düngung und agrotechnische Maßnahmen sowie durch die vielfältigen Einflüsse auf die Absorption in Abhängigkeit von verschiedenen Selenquellen und antagonistische Effekte, erfordern eine bedarfsgerechte Selenversorgung, besondere Maßnahmen, Vorkehrungen und Kenntnisse.

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutz/erklaerung/>

Alle Möglichkeiten zur Kontrolle des Selenversorgungsgrades sind regelmäßig zu nutzen. Dabei müssen bewährte Kennzahlen zur Einschätzung des oxidativen -nitrosativen Stress mit der Selenbestimmung verbunden werden.

Literaturverzeichnis beim Verfasser erhältlich

Stand: Juni 2021