

Oxidativer und nitrosativer Stress bei Milchkühen

Prof. Dr. habil. M. Hoffmann

**10. Thüringisch-Sächsisches
Kolloquium zur Fütterung**

Oktober 2017

Stressbedingungen

negative Umwelteinflüsse,
Haltungs- und Fütterungsfehler

Oxidanzien

" freie Radikale "

Oxidatives

Potential

oxidativer Stress

schlechte Futtereffizienz

Auftreten verschiedener

Krankheiten

Optimierte Haltung
Optimierte Ernährung

Antioxidanzien

Vitamin E, β -Carotin, Selenverb.u.a.

Antioxidatives

Potential

hohe Futtereffizienz

hohe Leistungsbereitschaft

stabile Gesundheit

Homöostase

***Oxidanzien* besitzen aufgrund ihrer ungepaarten Elektronen eine sehr hohe Reaktivität**

**ROS = reactive oxygen species
= Sauerstoffradikale / "freie Radikale"**

**RNS = reactive nitrogen species
= Stickstoffradikale / "freie Radikale"**

Oxidativer Stress:

Stoffwechsellage bei erhöhter ROS - Konzentration

Nitrosativer Stress:

Stoffwechsellage bei erhöhter RNS - Konzentration

Oxidanzien

lösen Oxidationen aus und bilden freie Radikale

$^1\text{O}_2$ Singulett-sauerstoff

NO_2 Stickstoffdioxid

H_2O_2 Wasserstoffperoxid

LOOH Lipidhydroperoxid

ONOO^- Peroxynitrit

(Bildung durch je ein Molekül Superoxid + NO)

freie Radikale

chemische Verbindungen mit mindestens einem freien Elektron

O_2^- Superoxidanion (Hyperoxidanion)

HO^- Hydroxylradikal (Hydroxyl-Radikal)

HOO^- Hydroperoxyl-Radikal

LO^- Alkoxyradikal

LOO^- Perhydroxylradikal

NO^- Stickstoffmonoxid (Stickoxid)

Literatur:

Kübler, 1989; Singal et al., 1998; Surai, 2000, 2002; Watzl u. Leitzmann, 2005;

Schweikart (59 Lit.quellen), 2014

Erkrankungen durch oxidativen und nitrosativen Stress bei Nutztieren

▶ *Immunsuppressionen*

Rückgang der Macrophagen, Phagozyten u.a.,
gestörte Antikörperbildung,
Prädisposition für Infektionen (virös und bakteriell) ,
Zunahme entzündlicher Prozesse ("Entzündungsfaktor")
vorwiegend Klauen, Euter, Gebärmutter, Darm

▶ Muskeldegenerationen

Herzmuskeldegenration, Muskeldystrophie, Weißfleischigkeit

▶ Leberschäden

▶ Wachstumsstörungen

▶ Fruchtbarkeitsstörungen

Beeinträchtigung der Brunst, Entzündungen der Genitalien,
lebensschwache Neugeborene, Anstieg Totgeburten

▶ Blockierung des Tryptophan- und Tyrosin - Stoffwechsels (spz. durch Peroxinitrit)

▶ Störung verschiedener Enzym - Systeme

Spezielle Angaben zu Stickstoffoxidradikalen (nitrosativer Stress)

Spezielle Wirkungen:

- ° hemmt Energiegewinnung in den Mitochondrien
- ° verbraucht Antioxidanzien (bes. Glutathion, Melatonin)
- ° stört Entgiftungsenzyme, Hormonsysteme u. Neurotransmitter
- ° stört Cholesterinabbau
- ° Blockierung von Tryptophan und Tyrosin

NO/ONOO-Zyklus (nach Pall,2014):



Vitamin B₁₂ ist Teil des körpereigenen Regulationsystems für

Stickstoffmonoxid und natürlicher Gegenspieler der NO-Radikale

Oxidativer und nitrosativer Stress bei Rindern

- **Rückgang der Futteraufnahme und Leistung**
- **Zunahme bakterieller und viröser Infektionen (Euter, Klauen, Genitalorgane) → Entzündungen**
- **Fruchtbarkeitsstörungen**
Fötaler Frühtod und Zunahme der Totgeburtenrate, Ovarialzysten, Endometritis, Störungen bei der Einbettung des befruchteten Eis in den Uterus, Nachgeburtsverhaltungen
- **Leberschäden (Einschränkung der Entgiftungskapazität)**
- **Labmagenverlagerungen**
- **Herzversagen (Exitus ohne vorherige klinische Erscheinung)**
- **Festliegen post partum (ohne Beeinträchtigung des Ca-Stoffwechsels)**
- **Wachstumsstörungen (Muskeldegeneration, Muskeldytrophie, Weißfleischigkeit, vorwiegend bei Kälbern und Jungrindern)**

Erkrankungen durch oxidativen und nitrosativen Stres bei Schweinen und Pferden

Schweine

- **nutritive Mikroangiopathie (Maulbeerkrankheit)**
- **Ferkelanämie**
- **Steatitis**
Gelblich - braune Verfärbung des Fettes , Gelbfettkrankheit

Pferde

- **Paralytische Myoglobinurie**
Ausscheidung von Myoglobin über den Harn
- **Steatitis**
- **Polymyositis der Fohlen (Muskelentzündung)**

***Antioxidanzien* sind Schutzstoffe, die eine Oxidation von im Futtermittel oder im Körper vorhandene Moleküle verhindern, in dem sie Elektronen abgeben oder Wasserstoffionen aufnehmen, d.h. Radikale reduzieren und somit deaktivieren, ohne selbst in reaktionsfähige Moleküle umgewandelt zu werden.**

Einteilung :

- **Endogene (körpereigene) Antioxidanzien**
- **Exogene Antioxidanzien**
 - ° **native Verbindungen**
 - ° **synthetische Verbindungen**

Level of antioxidant defence in animals cells

mod.nach Surai, 1999, 2002

◦ First level of defence

Schutz vor "freien Radikalen"

Superoxiddismutase (SOD), Selen-Glutathionperoxidase (Se-SGH-Px),
Katalase, Glutathion, metallgebundene Proteine (Chelatbildner)

◦ Second level of defence

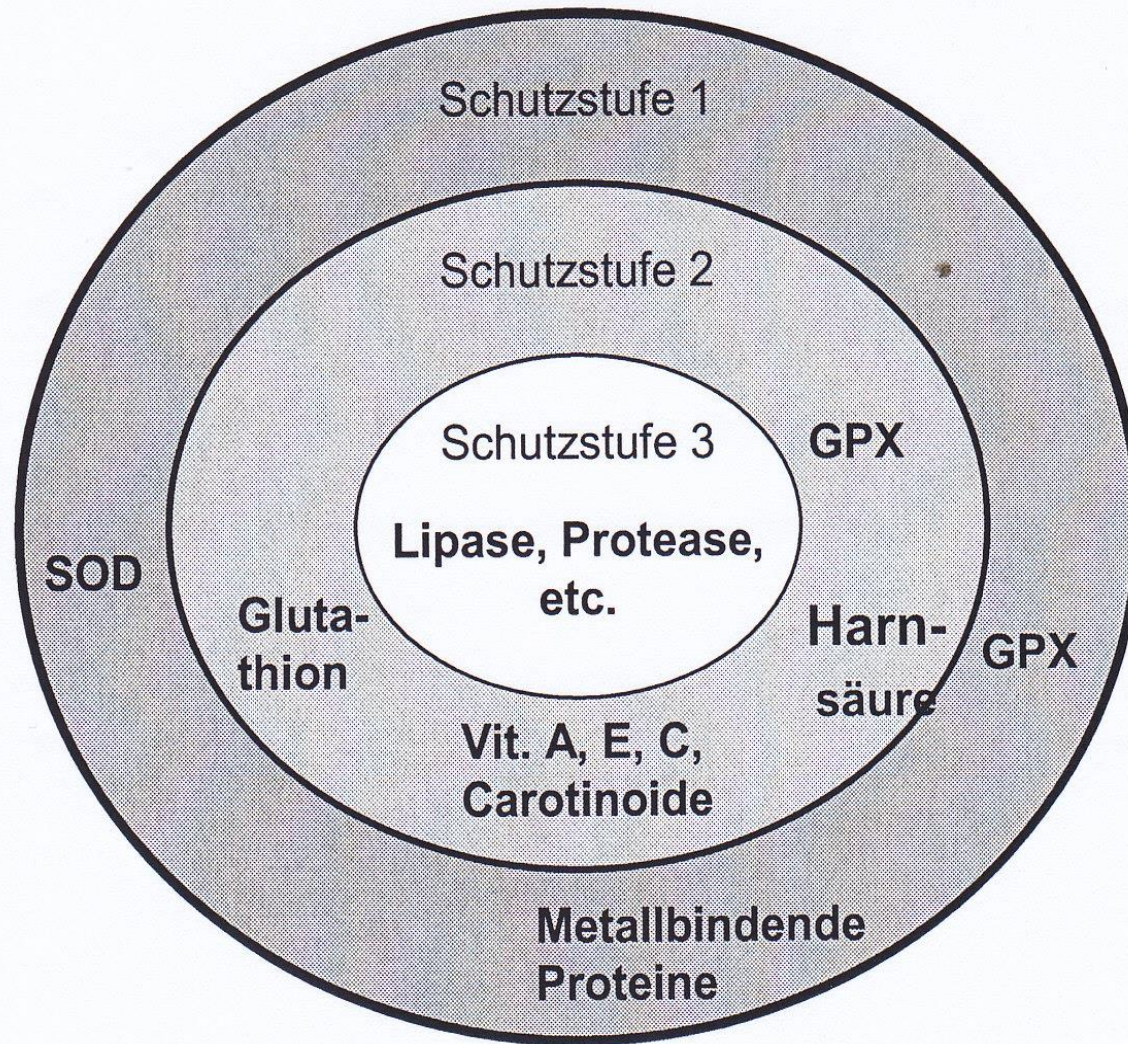
Schutz u. Einschränkung der Bildung und Ausweitung freier Radikale

Vitamine A, E, C, Carotinoide, Flavonoide, Ubiquinole, Glutathion, Harnsäure

◦ Third level of defence

Beseitigung oder Reparatur der geschädigten Teile der Moleküle

Lipasen, Peptidasen, Proteinasen, Transferasen, DAN-reparierende Enzyme



Stufen des antioxidativen Schutzes in der Zelle (nach SURAI 2000)

Körpereigene antioxidative Verbindungen (endogene Antioxidanzien)

mod. nach Surai, P.F.,2002

	aus dem Futter
Vitamin C ¹⁾ Glutathion (Glutaminsäure+Cystein+Glycin) Harnsäure Bilirubin Proteine (Chelatbildner) Transferrin, Ferritin, Lactoferrin, Coeruloplasmin, Albumin	Schwefel Stickstoff
<u>Enzyme :</u> Glutathionperoxidasen (GSH-Px) Selen-Glutathionperoxidase (Se-GSH-Px) Selencystein und -methionin als aktives Zentrum Superoxiddismutasen (SOD) ²⁾	Schwefel ³⁾ Selen Selen Zink, Kupfer, Mangan
Katalase Lipasen Proteinasen	Eisen

¹⁾ außer Primaten

²⁾ Hauptradikalfänger (Scavenger)

³⁾ Methionin als Precursor

Funktionen des Schwefels

- **In der Pflanze N : S = 10-15 : 1**
für Umsetzung von 1,5 kg N ist 1 kg S notwendig
- **Bestandteil von Proteinen (0,5 - 2,0 %)**
schwefelhaltige Aminosäuren: Methionin, Cystin, Cystein
- **Bestandteil von Keratin (u.a.Horn, Wolle, Haare)**
Bildung von Sulfhydrylgruppen(-SH) und Disulfidgruppen
in Peptiden
- **Bestandteil von Glutathion im antioxidativen System**
- **Bestandteil von Enzymen (Coenzym A)**
Vitaminen (Thiamin, Biotin)
Hormonen (Insulin, Oxytocin)
- **Umwandlung von anorganischem Schwefel in organische Verbindungen im Pansen**
(z.B. Methionin/Cystin im Protein der Pansenbakterien)

Zur Schwefelversorgung der Milchkühe

° Schwefelmangel:

Störungen der bakteriellen Proteinsynthese (Mangel an Methionin)

Ungenügende Synthese von Glutathionperoxidasen

~ Verminderung des antioxidativen Potenzials

Verminderung der Futteraufnahme u. Verdaulichkeit der Zellulose

Gestörte Keratinbildung in den Klauen (ungenügende Festigkeit)

Erhöhte Häufigkeit der Gepärparese

° Schwefelüberschuss:

Rückgang der Futteraufnahme $> 3,0$ g S / kg TS der Ration

Imbalancen (u.a. verminderte Cu-Resorption) $> 4,0$ g S / kg TS

° optimaler Bereich der Schwefelversorgung für Milchkühe:

1,5 - 2,2 g S / kg TS der Gesamtration

° Schwefelreiche Futtermittel: g / kg TS

Leguminosensilagen (1,8 - 3,4 g), Rapsextr.schrot (5,0 g),

Sojaextr.schrot (3,5 - 4,0 g),

Komponenten im Mineralfutter (Sulfate), Tränkwasser

Schwefelbedarf der Milchkühe

kg	TS	R.-protein	Schwefel	
	kg		g	g / kg TS
<u>laktierende Kühe</u>				
10	12,5	1 350	15	1,2
20	16,5	2 200	23	1,4
30	19,5	3 050	36	1,8
40	23,0	3 900	46	2,0
50	26,0	4 780	56	2,2
<u>trockenstehende Kühe</u>				
1.	11,0	1 430	16	1,5
2.	10,0	1 500	15 - 20	1,5 - 2,0

Funktionen des Selen im Stoffwechsel (Schwerpunkte)

- ° Bestandteil der Glutathionperoxidasen (GPX 1 - 6)
Zentrale Stellung im antioxidativen System**
- ° Selenoproteine (> 20 bekannt), Blutplasma, Muskel)
u.a. Selenocystein, Selenmethionin**
- ° Bestandteil der Jodthyronindeioxidase
(wandelt T4 in aktives T3 um)**
- ° Beteiligung am Prostaglandinmetabolismus**

**Funktionen teilweise in Kombination mit α - Tocopherol,
aber nicht gegenseitig ersetzbar**

**Vitamin A und Vitamin E fördern die Umsetzbarkeit des Selen
(einschl. Resorption)**

Selenversorgung der Rinder

- ° **Optimale Versorgung je kg TS der Gesamtration:**
0,2 mg (GfE, 2001); 0,3 mg (NRC, 2001); 0,6 mg (INRA, 2004)
- ° **Gesetzlich zulässiger Höchstgehalt:**
0,5 mg / kg der Ration (88 % TS), einschl. nativer Mengen
- ° **in Rationen für Milchkühe 3,0 - 6,0 mg Selen je Tier und Tag**
in Rationen für Färsen: 0,5 mg / 100 kg KM je Tag
- ° **Antagonisten: S (bes. Sulfate), Ca, Cu, As, (Hg, Cd, Pb), NO₃, Vit. C**
- ° **Intoxikationen: > 2 mg / kg der Ration (88 % TS)**

**Selengehalt im Rotklee und schwarzem Deckhaar der
Milchkühe auf verschiedenen geologischen Standorten**

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

Quelle: Anke, M., et al., 1972, 1979, 1997, 2002
M. Hoffmann, LKV Sachsen, 2017

Selenquellen zur Versorgung der Rinder

° Futterzusatzstoffverzeichnis (Futtermittelrecht 2017, S.328 ff)

Na₂SO₄ - Selenat

Na₂SO₃ - Selenit

Selen organisch gebunden (97-99 %), 2000-2400 mg Se/kg

Selenhefe aus *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-3060

Selenmethionin aus *Saccharomyces cerevisiae* NCYC R397

Selenmethionin aus *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-3399

° **Absorbierbarkeit von Selen anorg.: Ø 30 % ; org.: Ø 80 % bei Wiederkäuern (im Pansen):**

Selenat → Selenit (Se⁺⁴) → Selenid (Se⁻²) schwer oder unlöslich

Selenat 30-40 % unlöslich, 10-15 % in Bakterienprotein, 40 - 60 % in Selenit (Serra et all., 1994)

° **pansengeschütztes Na-Selenit (Se^{protect}®)**

Absorptionsrate ca. 80 - 90 % (+verlängerte Resorptionszeit)

° **Langzeit - Bolus**

z.B. Rumifert® (2 Boli 6 Monate) 0,3 g Se, 0,5 g Co, 13,4 g Cu

Vorteile des organisch gebundenen Selens (Se - Yeast) gegenüber anorganischen Selenverbindungen

- ° **20 - 30 % besser absorbierbar**
- ° **kein Einfluss von Antagonisten**
- ° **bildet Körperreserven**
- ° **erhöht den Selengehalt in Kolostrum und Milch**
- ° **direkter Transfer von Se in den Fötus**
- ° **in Anwesenheit von Sulfat um 50 % besser verfügbar**

Nachteil:

wesentlich höherer Preis als anorganische Se - Verbindungen

nach Weis, W.P., 2005 (Literaturlauswertung 1991 - 2003)

Einschätzung der Selenversorgung von Milchkühen

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: Selenbestimmung koppeln mit TEAC (Trolox Equivalent Antioxidative Capacity)

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

Se - GSH - Px (Se - Glutathion - Peroxidase)

> 150 U / g Hämoglobin (HB) (Durst, 2011)

pigmentiertes Deckhaar

> 0,25 mg / kg (Anke, 1973, 1997)

Sekundäre Pflanzenstoffe mit ergotroper Wirkung

	Anzahl Strukturen	Bioverfüg- barkeit %	Ergotrope Wirkungen
Carotinoide	> 700	> 15	antibiotisch, antioxidativ
Saponine	n.b.	3 - 15	antioxidativ
Alkaloide	n.b.	3 - 15	entzündungshemmend
Phytosterine	> 100	3 - 15	immunmodulierend
Glucosinolate	> 120	< 3	antithrombisch
Polyphenole			antioxidativ, antikanzerogen,
Flavonoide	> 6 500	< 3	" , entzündungshemmend
Phenolsäuren	n.b.	3 - 15	Flavour erzeugend
Phytooestrogene			hormonelle Wirkung
Isoflavonoide	> 870	3 - 15	entzündungshemmend
Lignane	n.b.	< 3	blutdrucksenkend
Monoterpene	n.b.	< 3	spezifische Wirkungen

Quelle: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2006; Watzl u.a., 2005

Antioxidanzien in Futtermitteln (exogene Antioxidanzien)

Antioxidans	Vorkommen
<p><i>Tocopherole</i> (Vitamin E)</p>	<p>Grünfutter (frisch > getrocknet¹ > siliert)) Getreide</p>
<p><i>Ascorbinsäure</i> (Vitamin C)</p>	<p>Grünfutter Eigensynthese (außer Primaten)</p>
<p><i>Carotinoide</i> Carotine (β-Carotin, Lycopin) Xanthophylle (Lutein, Zeaxanthin, β-Cryptoxanthin)</p>	<p>Grünfutter (frisch > getrocknet¹ > siliert) Mohrrüben, verschiedene Früchte</p>
<p><i>Polyphenole/Flavonoide</i> (Flavone, Flavonole, Catechine oligomere Pro-Cyanidine)</p>	<p>Grünfutter (frisch > getrocknet¹ > siliert)) Getreide, verschiedene Früchte Traubenkerne (rot), Traubentrester</p>
<p><i>Ubichinon</i> (Co-Enzym Q10)</p>	<p>geringer Gehalt in pflanzlichen Produkten</p>

¹ Trocknung unter Dach mit Warmluft (u.a.alternative Energiequellen), Entfeuchter

Funktionen des Vitamin E im Stoffwechsel

- **Hauptfunktion im Stoffwechsel: Antioxidans**
- **Verhinderung von Immunsuppressionen**
- **Aufgrund der Struktur einziges Antioxidans, das unmittelbar in Membransystemen wirkt**
- **Schutz von Zellmembranen und subzellulären Membranen (Mitochondrien u.a.) vor Zerstörung durch Peroxidbildung**
- **Schutz der Zellmembranen in inneren und äußeren Epithelien (mit Vitamin A), Elastizität von Bindegewebe, Durchblutung Euter, Darm, Genitalorgane)**
- **Verhinderung von Fertilitätsstörungen bei männlichen und weibl. Tieren (Absterben von Föten und Hodendegeneration)**
- **Schutz vor Peroxidbildung aus ungesättigten Fettsäuren in Futter, Darmlumen und tierischen Produkten**
- **Synergismus mit β -Carotin und Selen als Antioxidans**
- **Verhinderung der Muskeldystrophie (in Zusammenwirken mit Selen)**
- **Regeneration des antioxidativen Potentials von Vitamin E durch Vitamin C**

Wirksamkeit der Tocopherole und Tocotrienole

Wirksamkeit verschiedener Konfigurationen:

α -Tocopherol 100 %	α -Tocotrienol 15 - 30 %
β -Tocopherol 15 - 40 %	β -Tocotrienol 1 - 5 %
γ -Tocopherol 1 - 20 %	γ -Tocotrienol 1 %
δ -Tocopherol 1 %	δ -Tocotrienol 1 %

1 mg RRR- α -Tocopherol Äquivalent (früher:D- α -Tocopherol) entsprechen:

2 mg β -Tocopherol, 4 mg γ -Tocopherol, 100 mg δ -Tocopherol,
1,5 IE Vitamin E

Synthetisches Vitamin E: Racemisches Gemisch aus 8 Stereoisomeren)

1 mg all-rac- α -Tocopherolacetat (früher:D,L- α -Tocopherol) entsprechen:

1,0 IE Vitamin E (Grundlage der Supplementationsempfehlungen)

ca. 2/3 der Wirksamkeit von RRR- α -Tocopherol Äquivalent

Resorption: im Mittel 30 %

Speicherung in Leber- und Fettgewebe (Quantifizierung nicht möglich)

Vitaminergänzung der Rationen für Milchkühe

IE bzw. mg	Vit. A ¹⁾	Vit. D₃ ¹⁾	Vit. E ^{1) 2)}
<u>je Tier und Tag</u>			
bis 3. W. a.p.	75 000	25 000	500
ab 3. W. a.p.	75 000	25 000	1 000
bis 60. Tag p.p.	130 000	40 000	1 000
ab 60. Tag p.p.	100 000	40 000	500
<u>je kg Mineralfutter (je Tier u. Tag: a.p. 125 g, p.p. 200 g)</u>			
bis 3. W. a.p.	600 000	150 000	4 000
ab 3. W. a.p.	600 000	150 000	8 000
bis 60. Tag p.p.	650 000	150 000	5 000
ab 60. Tag p.p.	500 000	150 000	2 500

¹⁾ supplementiert, ohne Berücksichtigung der Gehalte in Futtermitteln

²⁾ als Äquivalent von α -Tocopherolacetat

Referenzwert Bluserum: > 3 mg / l

GfE, 2001; NRC, 2001; Surai, P.F., 2002; Ulbrich, Hoffmann, Drochner, 2004; DSM, 2011

Funktionen des β -Carotins

• *Vorstufe des Vitamin A*

1 mg β -Carotin \Leftrightarrow 400 IE Vitamin A = 120 μ g all-trans-Retinol

(NRC, 2001) Enzym: Estradiol

Systemische Umwandlung im Darm

Retinolproteine-Lipoproteine

Lokale Umwandlung in den peripheren Geweben

- **Bildung und Funktion äußerer und innerer Epithelien**
 - **Verbesserung der Fruchtbarkeit (β -Carotin Vitamin A-quelle im Follikel)**
- Transfer von β -Carotin in die Kolostralmilch ab 4.-5. Woche a.p.**

• *Antioxidative Substanz* (Vitamin A - unabhängige Funktion)

- **Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Immunsystems und der Antikörperbildung**
- **Verminderung von Entzündungen (Klauen, Euter, Gebärmutter)**
- **Senkung des Gehaltes an somatischen Zellen in der Milch**

¶ **Resorption des β -Carotins: 20 - 70 %**

nicht resorbiertes β -Carotin wird nur im Kot ausgeschieden

¶ **β -Carotin kann nicht im Körper gespeichert werden**

¶ **Antagonisten:**

NO_3 , Sulfate, oxidative Einflüsse, pH - Wert < 5,5 (Pansen)

Notwendigkeiten zur Ergänzung von Rationen für Milchkühe mit β -Carotin

° **β -Carotinarme Rationen - Unterschreiten der Grenzwerte**

Referenzwert im Serum:

> 2000 (Poolprobe) > 4000 (Einzeltier) $\mu\text{g } \beta\text{-Carotin / l}$

**Supplementation: 300 - 500 mg β -Carotin / Tier u. Tag
(pansenstabiles Präparat)**

° **Rationen mit hohem Maissilageanteil und geringer Strukturwirksamkeit**

° **Konzentratreiche Rationen mit hohem Gehalt an Stärke+Zucker (> 250 g in der TS der Gesamtration)**

° **Kaliumreiche Rationen (> 10 g / kg TS) und / oder DCAB > 300 / kg TS**

° **Überhöhter Gehalt Rohprotein und/oder Rohasche (über 100 g / kg TS) in der Gesamtration**

° **Fütterung von Silagen mit pH-Wert < 3,6, Gehalt an Buttersäure, erhöhtem Besatz mit Schimmelpilzen u. Hefen**

Verdaulichkeit des β -Carotins in Grobfuttermitteln

	n	Verdaulichkeit %	
		im Mittel	Schwankung
Silagen	21	31,2	0,5 - 62,1
Trockengrünfutter	8	26,2	15,2 - 32,8
Heu	11	25,3	13,0 - 35,2
<i>alle Futtermittel</i>	40	28,6	

M. Hoffmann, Diss. Rostock, 1961

Antioxidativer Effekt natürlich vorkommender Antioxidanzien (Carotinoide, Flavonoide, Tocopherol)

mod.nach Surai, P.,F., 2002

	Inhibition der Lipid - peroxidation % ¹⁾	
	5 ppm	10 ppm
β- Carotin	30	48
Cryptoxanthin	5	48
Lutein	6	36
Lycopin	0	12
Zeaxanthin	46	53
Cantaxanthin	2	30
Vitamin E	62	70

¹⁾ Modelluntersuchungen im Vergleich zu Proben ohne Zusatz (Beschreibung in "Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction" Surai, F.S. Nottingham, 2002, 615 S.

Antioxidanzien

zum Schutz von Futtermitteln vor oxidativem Verderb

<i>Synthetische Antioxidanzien</i>	EG - Nr.
Propylgallat	E 310
Oktylgallat	E 311
Dodecylgallat	E 312
Butylhydroxyanisol (BHA)	E320
Butylhydroxytoluol (BHT)	E321
Ethoxyquin	E 324
<i>Natürliche Antioxidanzien</i>	
L-Ascorbinsäure u. deren Derivate	E 300 - E 304
Tocopherolhaltige Extrakte	E 306

mod.nach Holthausen, Antje, 2006

Nachweis des oxidativen Stress

Screening-Tests

TEAC Trolox Equivalent Antioxidative Capacity

d - ROMs - Test

BAP - Test

Erweitertes Profil

Glutathion - Peroxidase (GSH-Px)

Selen - Glutathion- Peroxidase (Se-GSH-PX)

Superoxiddismutase (SOD)

Malondialdehyd

Selen

Vitamin E (als α -Tocopherol-Äquivalent)

β -Carotin

speziell für Entzündungsprozesse

Haptoglobin (Blut)

Laktat-Dehydrogenase - LDH (Milch)

Haltungs- und Umweltbedingungen

° ***traumatische Belastungen***

Verletzungen, Lahmheit, Schweregeburt,
alle schmerzhaften Zustände

° ***Erregung***

Überbelegung, Tier:Fress-u.Liegeplatz-Verh. > 1,5:1 (opt. :1)
zu kleine Vorwartehöfe, < 2 m² / Kuh
enge Treibwege
beengter/begrenzter Zugang zu Wasser und Futter
Rangkämpfe, Tierumstellungen, Transport

° ***Lärm*** (> 65 dB)

° ***Vibration*** (> 0,5 m / s²), vorwiegend in Melkanlage

° ***Ungenügende Lichtverhältnisse***

am Fressplatz < 16 - 18 Stunden < 150 Lux

° **hohe Temperaturen ("Hitzestress")**

° **Mangel an Sauerstoff (ungenügende Lüftung)**

° **Belastung durch Insekten u.a.**

O.u.N - Stress bei Kühen durch Fehlverhalten des Menschen

▶ **Angstzustände jeder Art (Angst vor dem Menschen)**

- **beim Treiben - Ungeduld des Treibers**

Schläge, per Hand oder Stock

Drängeln

- **Nichteinhalten des "Fluchtabstandes"**

▶ **Herstellen der Rangordnung (kann beim Melken variieren)**

▶ **Häufiges Umgruppieren**

▶ **Nichtbeachtung von**

- **ausgeprägtem Geruchssinn**

- **Wahrnehmung sehr hoher Töne 35 000 Hz (Mensch 20 000 Hz)**

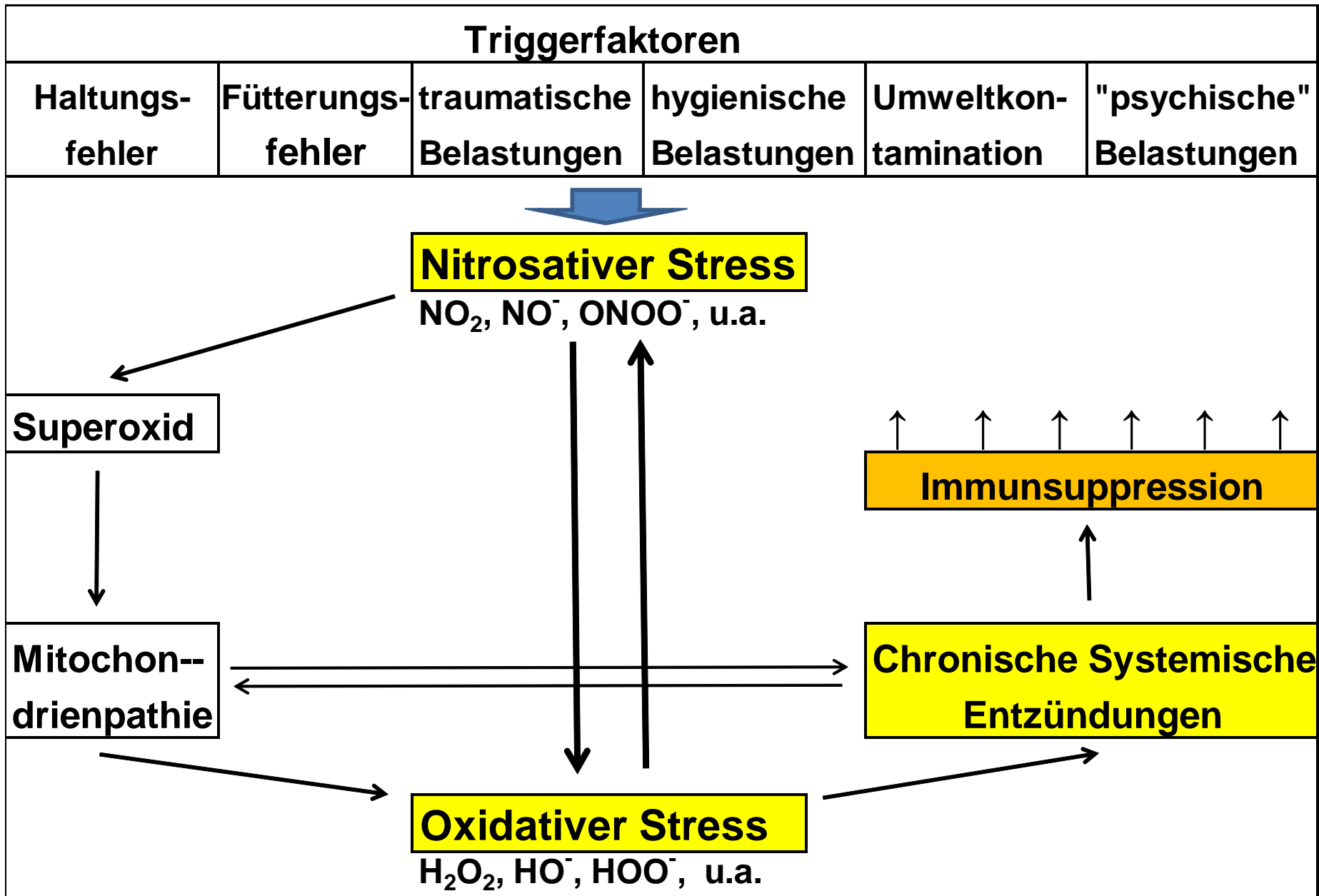
ergänzt und modifiziert nach Neil Chesterton, 2013

M. Hoffmann, LKV Sachsen, 2017

Oxidativen und nitrosativen Stress auslösende Ernährungsfaktoren

→ Senkung der Futtereffizienz

- | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ◦ Gestörte Pansenfermentation und/oder Darmfunktion |
| ◦ Pansenazidose und metabolische Azidose
(ungenügende Strukturwirksamkeit, Überangebot an Stärke+Zucker u.a.) |
| ◦ Energiemangel
(ungenügendes Angebot oder unzureichende Verwertung) |
| ◦ Mangel an Phosphor und Schwefel |
| ◦ Mangel an Vitamin E, β-Carotin, Selen, Vitamin B₁₂ |
| ◦ ungenügende Versorgung mit Zink, Kupfer, Mangan |
| ◦ Überschuss an Nitrat bzw. Nitrit |
| ◦ Fett mit hohem Gehalt an polyungesättigten Fettsäuren
und hohem Peroxidgehalt |
| ◦ Futtermittel mit Mykotoxinen / Endotoxinen / Clostridien |
| ◦ Kontaminationen mit Schwermetallen (Cd, As, Pb, Hg) |
| ◦ Vergiftungen aller Art |
| ◦ Futtermangel bzw. -entzug |



in Anlehnung an Pall (2005); Huber und Baehr (2014)

M. Hoffmann, LKV Sachsen, 2017