



Oxidativer und nitrosativer Stress können sowohl durch die Fütterung als auch durch die Haltung ausgelöst werden.

STRESS WIRKT VIELFÄLTIG

Neue Erkenntnisse zum **oxidativen und nitrosativen Stress** erklären, wie Ernährung gemeinsam mit Umwelt und Haltung auf das Gleichgewicht im Stoffwechsel wirken. Dieses Wissen ermöglicht neue Denkansätze und Konzepte für die praktische Fütterung und Beratung.



Der Prozess, bei dem Oxidantien entstehen, ist zunächst ganz natürlich. Der eingeatmete Sauerstoff dient dem Verbrennen der Nährstoffe und dem Gewinnen von Energie in den Mitochondrien der Zellen. Schließlich wird er durch Wasser und Kohlendioxid wieder ausgeschieden. Bis zu 5 Prozent des Sauerstoffs verbleiben im Stoffwechsel und werden in sehr reaktionsfähige Substanzen überführt: die Oxidantien oder freie Radikale (siehe Tabelle „Was sind Oxidantien und freie Radikale“). Im gesunden Organismus werden die Oxidantien durch Antioxidantien kompensiert. Es kommt zum Gleichgewicht, der sogenannten Homöostase (siehe Abbildung „Einflüsse auf die Homöostase“).

Mangelt es an Antioxidantien und/oder nehmen Oxidantien als Folge von negativen Umwelteinflüssen, ungünstigen Haltungsbedingungen oder Fütterungsfehlern zu, so wird das Gleichgewicht gestört und man spricht vom oxidativen Stress (free radical diseases). Ein hohes oxidatives Potenzial im Stoffwechsel ist eine multifaktorielle, krankhafte Belastung, die die Abwehrkräfte der Tiere erheblich senkt und Ursache verschiedener Störungen und Krankheiten sein kann. Die negativen Wirkungen durch Oxidantien und freie Radikale bei Rindern sind beträchtlich:

- Immunsuppression („macrophages-burst-syndrom“), gestörte Antikörperbildung, zunehmende bakterielle und virale Infektionen;
- vermehrte Fruchtbarkeitsstörungen, fetaler Frühtod und zunehmende Totgeburtsraten, vermehrte Ovarialzysten, Gebärmutterschleimhautentzündung (Endometritis), Störungen beim Einbetten befruchteter Eier in den Uterus;
- vermehrte Nachgeburtsverhaltungen;
- Absenken der Futteraufnahme und der Leistungen;
- ansteigende somatische Zellzahl in der Milch;
- erhöhtes Auftreten von Euter- und Klauenentzündungen;
- vermehrte Labmagenverlagerungen;
- zunehmendes Festliegen nach der Geburt (ohne dass der Kalziumstoffwechsel beeinträchtigt wird);
- häufigeres Herzversagen (Exitus ohne vorherige klinische Anzeichen).

In neuerer Zeit wurden, besonders in der Humanmedizin, die Wirkungen der stickstoffhaltigen Oxide intensiver untersucht (siehe Tabelle „Was sind Oxidantien und freie Radikale“). Da diese spezifische Wirkungen haben

können, spricht man auch vom nitrosativen Stress (siehe Übersicht „Wie stickstoffhaltige Oxide wirken“).

Ein wichtiger Gegenspieler der stickstoffhaltigen Radikale im körpereigenen Regulationssystem ist das Vitamin B12. Es steht wiederum in enger Beziehung zur Versorgung mit dem Spurenelement Kobalt.

DIE ROLLE DER ANTIOXIDANTIEN

Die den Oxidantien gegenüberstehenden Antioxidantien sind Schutzstoffe, die das Oxidieren vorhandener Moleküle verhindern. Indem sie Elektronen abgeben oder Wasserstoffionen aufnehmen, reduzieren und deaktivieren sie Radikale, ohne selbst in reaktionsfähige Moleküle umgewandelt zu werden. Man unterscheidet endogene Antioxidantien, das heißt im Körper selbst gebildete, und exogene Antioxidantien, die mit dem Futter zugeführt werden (siehe Tabellen „Endogene Antioxidantien“ und „Exogene Antioxidantien“). Für die Synthese der wichtigsten körpereigenen Antioxidantien spielt das Selen eine zentrale Rolle. Außerdem ist eine ausreichende Zufuhr an Schwefel, Zink, Kupfer, Mangan und Eisen über die Ration notwendig, um das antioxidative Potenzial zu steigern.

Bei den exogenen Antioxidantien sind die in Futtermitteln enthaltenen sekundären Pflanzeninhaltsstoffe bedeutend. Hier spielen β -Carotin, Tocopherol (Vitamin E), und verschiedene Flavonoide derzeit eine wichtige praktische Rolle. Sie werden teilweise synthetisch hergestellt und in hochwirksamen Präparaten angeboten.

Synthetisch hergestellte Verbindungen mit antioxidativer Wirkung (z.B. Propylgalat (E310), Butylhydroxytoluol (E321), und andere) werden Futtermitteln zugesetzt, um den oxidativen Verderb zu bremsen. Dabei geht es vor allem um das Verhindern der Lipidoxidation in Fetten mit hohem Anteil an ungesättigten Fettsäuren, zum Beispiel in Milchaustauschern für Kälber. Diese Antioxidantien werden vom Tier nicht aufgenommen.

FÜTTERUNG UND UMWELT WIRKEN

Für die Praxis ist es wichtig, zu wissen, dass eine Vielzahl von Umwelt-, Haltungs- und Ernährungsfaktoren die Bildung von Oxidantien und freien Radikalen fördert und sich damit oxidativer Stress entwickeln kann. Damit ist es aber auch möglich, die Brücke von den Haltungsbedingungen zum Stoffwechsel zu schließen. In der Praxis bedeutet dies, dass sich mit verbesserten »

AUF DEN PUNKT

- Oxidantien entstehen, wenn Nährstoffe im Körper mithilfe von Sauerstoff verbrannt werden.
- Im gesunden Organismus gleichen Antioxidantien die Oxidantien aus (Homöostase).
- Oxidativer Stress entsteht, wenn dieses Gleichgewicht nicht mehr besteht.

a

RISIKOFAKTOREN

Risiko: Haltungs- und Umweltbedingungen

Traumatische Belastungen	Verletzungen, Lahmheiten, Schweregeburten, alle schmerzhaften Zustände
Erregung	Überbelegung (Tier-Fress- und Tier-Liegeplatz-Verhältnis über 1,5:1), zu kleine Vorwartehefe (unter 2 m ² / Kuh), enge Treibwege, beengter oder begrenzter Zugang zu Wasser und Futter, Rangkämpfe, Tierumstellungen, Transport
Lärm	über 65 dB
Vibration	über 0,5 m/s ² , vorwiegend in Melkanlagen
Ungenügende Lichtverhältnisse	am Fressplatz weniger als 16 bis 18 Stunden über 150 Lux
Hohe Temperaturen in Verbindung mit der Luftfeuchtigkeit	Temperatur-Luftfeuchtigkeitsindex (THI) unter 70, ab THI 80 entspricht Hitzestress
Mangel an Sauerstoff	ungenügende Lüftung
Belastung durch Insekten	besonders auf der Weide

Risiko: Fehlverhalten des Menschen*

Angstzustände jeder Art beim Treiben	Ungeduld des Treibers, Schläge, Drängeln, Nicht-Einhalten des Fluchtabstands, häufiges Umgruppieren
Nicht beachten des ausgeprägten Geruchssinns der Kuh	
Sehr hohe Töne	Wahrnehmung von Kühen bis 35.000 Hz (Mensch bis 20.000 Hz)

*ergänzt und modifiziert nach Neil Chesterson, 2013

Risiko: Ernährungsfaktoren

Pansenfermentationsstörungen durch ungenügende Strukturwirksamkeit	azidotische Belastung durch Überangebot an Stärke und wasserlöslichen Kohlenhydraten; alkalotische Belastung durch Überschuss an Rohprotein, Kalium und Rohasche
Störungen der Darmfunktion	
Energemangel	nicht bedarfsgerechte Menge oder ungenügende Verwertung
Mangel an Phosphor und Schwefel	
Mangel an Selen, Vitamin E, β-Carotin, Vitamin B12	
Ungenügende Versorgung mit Zink, Kupfer, Mangan	
Überschuss an Nitrat beziehungsweise Nitrit	
Überschuss an Fett	besonders mit hohem Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit hoher Peroxidzahl
Futtermittel mit Mykotoxinen, Endotoxinen, Clostridien	
Kontaminationen mit Schwermetallen (Cadmium, Arsen, Blei, Quecksilber)	
Vergiftungen aller Art	
Futtermangel beziehungsweise Futterentzug	

@agrarheute www.agrarheute.com, Ausgabe 05/2021

Umwelt- und Haltungbedingungen, der Stoffwechsel stabilisieren und die Immunität der Herden stärken lässt. Um den oxidativen/nitrosativen Stress auf ein entsprechendes Stoffwechselgleichgewicht (Homöostase) einzustellen, sind zwei Säulen entscheidend:

- das antioxidative Potenzial durch Füttern der Komponenten stärken, die das körpereigene System aufbauen; die Rationen durch antioxidativ wirkende Zusatzstoffe ergänzen.
- die Umwelt-, Haltungs- und Ernährungsbedingungen so verändern, dass oxidativer Stress vermieden wird.

Die Erkenntnisse der letzten 20 Jahre zeigen verschiedene Schwerpunkte, die das oxidative Potenzial maßgeblich erhöhen und oxidativen Stress auslösen können (siehe Tabellen links).

DER RICHTIGE NACHWEIS

Um die Erkenntnisse zu nutzen, erfordert es zuverlässige Nachweismethoden. An erster Stelle stehen hier entsprechende Stoffwechseluntersuchungen. Wichtige Kennzahlen ergeben sich aus der Blutuntersuchung (siehe Tabelle „Kennzahlen zum Nachweis“). Die Proben sind von klinisch gesunden Tieren zu entnehmen. In Beständen mit unter 100 Tieren sind zehn Einzelproben repräsentativ. In großen Beständen haben sich Poolproben (je zehn Tiere) bewährt.

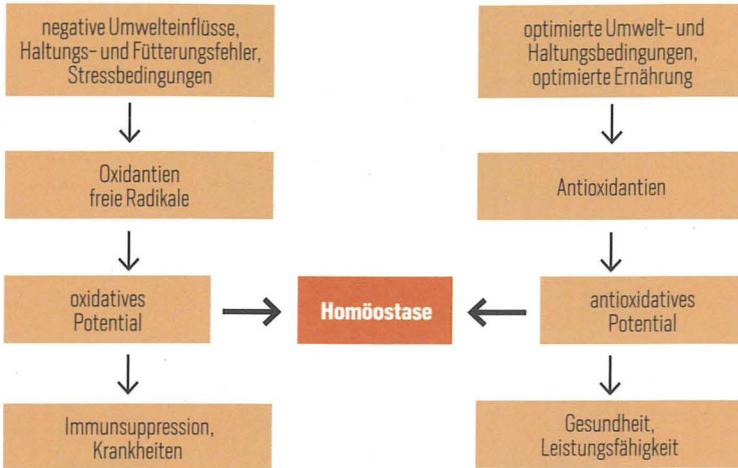
Das Wissen um den oxidativen Stress hat die Fütterungsberatung wesentlich bereichert. So muss nicht jeder einzelnen Störung „nachgelaufen“ werden, sondern es lassen sich durch eine Analyse vor Ort grundlegende Ursachen erkennen und entsprechend bearbeiten. Eine enge Zusammenarbeit von Herdenmanager, Tierarzt und Fütterungsberater hat sich dabei bewährt. Leider zeigen sich in der praktischen Umsetzung dieser inzwischen zum Grundwissen gehörenden Erkenntnisse immer noch Defizite. [mp] ●



Professor Dr. Manfred Hoffmann
Fütterungsberater beim
Sächsischen Landeskontrollverband
tierhaltung@agrarheute.com

HOMÖOSTASE UND ANTIOXIDANTIEN

Einflüsse auf die Homöostase*



* Wenn sich das oxidative und das antioxidative Potenzial ausgleichen, kommt es zur sogenannten Homöostase.

Was sind Oxidantien und freie Radikale

Oxidantien 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 sind chemische Verbindungen mit mindestens einem freien Elektron

O_2^-	Superoxidanion (Hyperoxidanion)
HO-	Hydroxylradikal
HOO-	Hydroperoxylradikal
LO-	Alkoxyradikal
LOO-	Perhydroxylradikal
NO-	Stickstoffmonoxid (Stickoxid)

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

Endogene Antioxidantien

Art	Bezug aus dem Futter
Wasserlösliche Antioxidantien	
Vitamin C ¹⁾	
Glutathion	Schwefel
Harnsäure	Stickstoff
Enzyme	
Glutathionperoxidasen (GSH-Px)	Schwefel
Selen-Glutathionperoxidase (Se-GSH-Px)	Selen
(Selenocystein als aktives Zentrum)	
Superoxiddismutasen (SOD)	Zink, Kupfer, Mangan
Katalase	Eisen
Lipasen	
Proteinasen	

¹⁾ Eigensynthese, Ausnahme Primaten

Exogene Antioxidantien¹

Antioxidans	Vorkommen
Tocopherol (Vitamin E)	Grünfutter (Vorkommen abnehmend: frisch > siliert > getrocknet), Getreide
Ascorbinsäure (Vitamin C) ²⁾	Grünfutter
Carotinoide Carotine (β-Carotin, Lycopin) Xanthophylle (Lutein, Zeaxanthin, β-Cryptoxanthin)	Grünfutter (Vorkommen abnehmend: frisch > siliert > getrocknet), Mohrrüben, verschiedene Früchte
Polyphenole/Flavonoide (Flavone, Flavonole, Catechine, oligomere Pro-Cyanidine)	Grünfutter (Vorkommen abnehmend: frisch > siliert > getrocknet), Getreide, verschiedene Früchte, Traubenkerne (rot), Traubentrester
Ubichinon (Co-Enzym Q10, QH)	geringer Gehalt in pflanzlichen Produkten

¹⁾ sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, ²⁾ Eigensynthese (außer Primaten)

Wie stickstoffhaltige Oxide wirken

- hemmen die Energiegewinnung in den Mitochondrien, senken die Verwertung der gefütterten Energie
- verbrauchen Antioxidantien (besonderes Glutathion)
- stören Entgiftungsenzyme, Hormonsysteme und Neurotransmitter
- stören die Umsetzung von Cholesterin
- blockieren die Aminosäuren Tryptophan und Tyrosin

Kennzahlen zum Nachweis

Indikatoren	Grenzwert
TEAC (Trolox Equivalent Antioxidative Capacity) ¹⁾	250 µmol/l Serum
Se-GSH-Px (Selen-Glutathionperoxidase) ²⁾	150 U/g Hämoglobin
Selen	60 µg/l Serum ³⁾ oder 0,25 mg/kg pigmentiertes Deckhaar ⁴⁾
β-Carotin ⁵⁾	3,5 mg/l Serum
Vitamin E (als α-Tocopherol) ⁶⁾	3,0 mg/l Serum

Quellen: ¹⁾ Miller, N.J. et al., 1996; ²⁾ Stohrer, 2000; ³⁾ Füll et al., 2010; ⁴⁾ Durst, 2011; ⁵⁾ Raven, J., 2013; ⁶⁾ Anke, 1973, 1997; ⁷⁾ Schifflka, 2006; DSM, 2011; Schweigert, 2011; Staufenbiel, 2012; ⁸⁾ Staufenbiel, 2018