

Freie Radikale & Oxidativer Stress: Nutzen, Gefahren & Mythen

Autor: Wolfram Klatt

Veröffentlicht am: 10.08.2026

Dokument generiert über Gesundheitsmythen.de

ZUSAMMENFASSUNG (ABSTRACT)

Freie Radikale sind Atome oder Moleküle mit ungepaarten Elektronen, die in Zellen rasche Reaktionsketten auslösen. Neben oxidativem Stress erfüllen reaktive Sauerstoffspezies (ROS) essenzielle Aufgaben in der Immunabwehr und Zellkommunikation. Hochdosierte künstliche Antioxidantien stören die Mitohormesis.

Freie Radikale: Das zweiseidige Schwert des zellulären Lebens

Stellen Sie sich einen angeschnittenen Apfel vor, der an der Luft innerhalb weniger Minuten braun wird. Oder ein altes Auto, dessen Karosserie im Laufe der Jahre still und heimlich vor sich hin rostet. Was wir in der Makrowelt als Verfall wahrnehmen, hat auf mikroskopischer Ebene denselben Ursprung: die Oxidation. Und die Hauptakteure bei vielen dieser Prozesse in unserem eigenen Körper sind winzige, hochenergetische Teilchen, die als "freie Radikale" bekannt sind.

Lange Zeit galten diese Moleküle in der öffentlichen Wahrnehmung als reine Zerstörer, als die primäre Ursache für das Altern, für Zellverfall und für unzählige Krankheiten. Die logische Konsequenz schien zu sein: Wir müssen sie um jeden Preis bekämpfen. Doch die moderne Redox-Biologie hat in den letzten Jahrzehnten ein weitaus differenzierteres, faszinierendes Bild gezeichnet. Freie Radikale sind nicht einfach nur zelluläre Feinde, sondern auch essenzielle

Botenstoffe, ohne die ein gesundes Immunsystem und die Anpassungsfähigkeit unseres Körpers überhaupt nicht existieren könnten.

Dieser Artikel nimmt Sie mit auf eine Reise tief in den Mikrokosmos unserer Zellen. Wir beleuchten, wie freie Radikale entstehen, warum wir sie brauchen, wann sie gefährlich werden und warum die gut gemeinte Einnahme von hochdosierten Vitaminpillen manchmal genau das Gegenteil von dem bewirkt, was wir uns erhoffen.

1. Definition und biochemische Grundlagen: Der Tanz der Elektronen

Um zu verstehen, was freie Radikale so besonders macht, müssen wir einen kurzen Blick in die Welt der Atome werfen. Jedes Atom besteht aus einem Atomkern und einer Hülle, in der sich Elektronen auf bestimmten Bahnen (Schalen) bewegen.

Ein grundlegendes Prinzip der Chemie besagt, dass Elektronen am stabilsten sind, wenn sie paarweise auftreten. Atome streben danach, ihre äußerste Schale mit Elektronenpaaren vollständig zu füllen (die sogenannte Oktettregel oder Edelgaskonfiguration).

Freie Radikale (Atome, Ionen oder Moleküle) haben ein entscheidendes physikochemisches Merkmal, das sie von stabilen Molekülen unterscheidet: Sie besitzen in ihrer äußeren Schale ein oder mehrere **ungepaarte Elektronen**.

Die Metapher der Tanzpaare (Elektronen)

[Stabiles Molekül]
Alle Elektronen haben
einen Tanzpartner.



[Freies Radikal]
Ein Elektron ist allein
und sucht verzweifelt einen.



Dieser Zustand – ein ungepaartes Elektron – ist physikalisch extrem hochenergetisch und instabil. Das Resultat ist eine enorme chemische Reaktionsfreudigkeit. Freie Radikale verhalten sich wie verzweifelte Tänzer, die unbedingt einen Partner suchen. In Millisekundenbruchteilen entreißen sie benachbarten Molekülen ein Elektron, um sich selbst zu stabilisieren. Dieser

aggressive "Elektronenraub" wird als **Oxidation** bezeichnet.

In biologischen Systemen wie dem menschlichen Körper spielen vor allem Radikale, die auf Sauerstoff basieren, die größte Rolle. Diese fasst man unter dem wissenschaftlichen Sammelbegriff **ROS (Reactive Oxygen Species – reaktive Sauerstoffspezies)** zusammen.

Zu den wichtigsten Vertretern der ROS zählen:

- **Das Superoxidanion-Radikal ($\text{O}_2^{\bullet}$):** Entsteht, wenn ein normales Sauerstoffmolekül ein einzelnes, zusätzliches Elektron aufnimmt.
- **Das Hydroxyl-Radikal ($\text{OH}^{\bullet}$):** Das wohl aggressivste Radikal im menschlichen Körper, das fast jedes Biomolekül in seiner Nähe sofort attackiert.
- **Wasserstoffperoxid (H_2O_2):** Streng genommen ist dies kein Radikal (da es keine ungepaarten Elektronen hat), gehört aber zu den ROS, da es sehr reaktiv ist und in Anwesenheit von Metallionen (wie Eisen) blitzschnell in das extrem zerstörerische Hydroxyl-Radikal zerfallen kann (Fenton-Reaktion).

Daneben gibt es auch stickstoffbasierte Radikale, die sogenannten **RNS (Reactive Nitrogen Species)**, wie das Stickstoffmonoxid ($\text{NO}^{\bullet}$), das als Gefäßerweiterer eine lebenswichtige Rolle spielt.

2. Der zelluläre Hochofen: Wie freie Radikale entstehen

Die ständige Produktion freier Radikale in unserem Körper ist kein Konstruktionsfehler der Natur, sondern der unumgängliche Preis, den wir für unsere hocheffiziente Energiegewinnung zahlen.

Wenn wir atmen, nutzen unsere Körperzellen Sauerstoff, um in den Mitochondrien (den winzigen "Kraftwerken" der Zelle) aus unserer Nahrung **ATP (Adenosintriphosphat)** herzustellen. ATP ist die universelle Energiewährung, die jeden Herzschlag, jeden Gedanken und jede Muskelbewegung antreibt.

Dieser lebensnotwendige Prozess nennt sich **Atmungskette**. Dabei werden Elektronen über eine Reihe von Proteinkomplexen in der inneren Mitochondrienmembran wie in einem Staffellauf "weitergereicht". Am Ende der Kette werden sie geordnet auf den Sauerstoff (O_2)

übertragen, wodurch völlig harmloses Wasser (H_2O) entsteht.

Die Metapher des Hochofens hilft, diesen Prozess zu visualisieren: Stellen Sie sich das Mitochondrium als einen Hochofen vor. Die Nahrung ist die Kohle, der Sauerstoff ist der Zugluft-Strom, und das ATP ist die gewonnene Hitze. Wie bei einem echten Feuer lassen sich die Funken jedoch nicht zu 100 % kontrollieren.

Nahrungsenergie & Sauerstoff

?

?

????????????????????????????

? Mitochondrium ?

? (Der zelluläre Ofen) ????? Kontrollierte Energie (ATP)

????????????????????????????

?

? Das "Elektronenleck" (ca. 1-3%)

?

[Superoxidanion-Radikal]
(Der "Funkenflug")

Das System der Mitochondrien ist nicht absolut dicht. Es existiert ein natürliches "Elektronenleck". Etwa 1 bis 3 Prozent des eingeatmeten Sauerstoffs fangen vorzeitig ein einzelnes Elektron ab, bevor die Kette durchlaufen ist. So verwandelt sich der Sauerstoff in das reaktive Superoxidanion-Radikal. Bei rund 20.000 Atemzügen pro Tag summiert sich dies auf Milliarden von Radikalen pro Sekunde in jeder einzelnen Zelle!

Die Kettenreaktion der Zerstörung

Sobald ein Radikal entstanden ist, ist die Gefahr noch nicht vorüber. Es kann eine verheerende Kettenreaktion auslösen, ähnlich einer Reihe von Dominosteinen:

1. **Oxidation (Der Raub):** Das freie Radikal entreißt einem benachbarten, gesunden Molekül – zum Beispiel einem Fettmolekül in der Zellmembran – ein Elektron.
2. **Propagation (Die Kettenreaktion):** Das ehemals intakte Molekül, das nun seines Elektrons beraubt wurde, wird augenblicklich selbst zu einem Radikal. Es wendet sich an seinen Nachbarn und raubt diesem ein Elektron. Dieser Prozess, der sich rasant durch Membranen frisst, wird beispielsweise *Lipidperoxidation* genannt.

3. **Schäden (Der strukturelle Verlust):** Wenn Proteine oxidiert werden, verformt sich ihre komplexe 3D-Struktur, und sie verlieren ihre Funktion als Bau- oder Werkstoffe der Zelle. Wird unsere Erbsubstanz (die DNA) im Zellkern oxidiert, brechen Stränge ab oder es entstehen kleine Kopierfehler, die Mutationen begünstigen.

Das antioxidative Schutzschild

Damit wir durch diesen permanenten Funkenflug nicht innerhalb kürzester Zeit "innerlich verbrennen", hat die Evolution ein brillantes und vielschichtiges Abwehrsystem entwickelt: das **antioxidative Netzwerk**.

Antioxidantien sind molekulare Altruisten. Es sind Moleküle, die bereitwillig und gefahrlos eines ihrer eigenen Elektronen an ein freies Radikal abgeben, um dieses zu neutralisieren. Der Clou dabei: Wenn das Antioxidans sein Elektron abgibt, wird es zwar selbst zu einem Radikal, doch dieses ist extrem reaktionsträge und schwach. Es richtet keinen Schaden an und wird von anderen Helfermolekülen rasch wieder recycelt.

Der Körper nutzt hierfür zwei Hauptlinien der Verteidigung:

1. **Körpereigene (endogene) Enzyme:** Wir produzieren hochspezialisierte Proteine, deren einzige Aufgabe es ist, Radikale zu jagen. Die *Superoxiddismutase (SOD)* wandelt das gefährliche Superoxid in das etwas harmlosere Wasserstoffperoxid um. Die *Katalase* und die *Glutathion-Peroxidase* zerlegen dieses dann endgültig in Wasser und Sauerstoff.
2. **Nahrungsbasierte (exogene) Antioxidantien:** Diese müssen wir über die Ernährung zuführen. Dazu zählen Vitamin C (Ascorbinsäure), Vitamin E (Tocopherol), Beta-Carotin sowie tausende von sekundären Pflanzenstoffen (z. B. Flavonoide und Polyphenole in Beeren, Nüssen und Gemüse).

Das empfindliche, stetig pendelnde Gleichgewicht zwischen der Produktion freier Radikale und ihrer sofortigen Entschärfung nennt man in der Wissenschaft die **Redox-Balance** (Reduktions-Oxidations-Gleichgewicht).

3. Oxidativer Stress: Wenn das System kippt

Kippt dieses empfindliche Gleichgewicht nachhaltig zugunsten der freien Radikale – weil entweder zu viele von ihnen entstehen oder das Schutzsystem überlastet ist –, gerät die Zelle in einen Zustand, den Mediziner als **oxidativen Stress** bezeichnen.

Dieser andauernde, exzessive Stress ist hochgefährlich. Externe Faktoren wie UV-Strahlung, radioaktive Strahlung, Zigarettenrauch, Luftverschmutzung, Schwermetalle und bestimmte Umweltgifte können die Bildung von Radikalen im Körper drastisch in die Höhe treiben.

Chronischer oxidativer Stress ist maßgeblich an der Pathogenese (Entstehung) zahlreicher Zivilisationskrankheiten beteiligt:

- **Herz-Kreislauf-Erkrankungen:** Radikale oxidieren LDL-Cholesterin im Blut. Erst das oxidierte LDL wird von Immunzellen gefressen, lagert sich in den Blutgefäßwänden ab und führt zur Gefäßverkalkung (Arteriosklerose), dem Vorboten von Herzinfarkt und Schlaganfall.
- **Neurodegeneration:** Das Gehirn verbraucht extrem viel Sauerstoff und besitzt vergleichsweise wenig antioxidative Schutzschilde. Oxidative Schäden gelten als wesentlicher Treiber für den langsamen Untergang von Nervenzellen bei Krankheiten wie Alzheimer oder Parkinson.
- **Krebs:** Kumulative oxidative Schäden an der DNA können Mutationen verursachen. Gelingt es der Zelle nicht mehr, diese zu reparieren, kann sie entarten.
- **Alterung (Seneszenz):** Bereits 1956 formulierte der Forscher Denham Harman die *Free Radical Theory of Aging*. Sie besagt, dass die kontinuierliche, lebenslange Anhäufung von Radikalschäden die grundlegende Ursache für den Alterungsprozess aller Lebewesen darstellt.

4. Die lebenswichtige Seite der Radikale:

Kommunikation und Abwehr

Angesichts dieser Zerstörungskraft scheint es verständlich, dass Radikale jahrzehntelang verteufelt wurden. Doch die moderne Biologie hat eine Kehrseite der Medaille aufgedeckt, die unser Verständnis des Lebens revolutioniert hat: Freie Radikale sind unverzichtbar.

Die chemische Waffe des Immunsystems

Unsere weißen Blutkörperchen, insbesondere die Fresszellen (Makrophagen und Neutrophile), nutzen reaktive Sauerstoffspezies ganz gezielt als chemische Waffe gegen Eindringlinge. Haben sie ein Bakterium oder einen Pilz verschlungen, umschließen sie den Erreger in einem kleinen Bläschen (Phagosom).

Dann leiten sie den sogenannten **Oxidative Burst** (Atemburst) ein. Die Fresszelle flutet das eingesperrte Bakterium absichtlich mit gewaltigen Mengen an Superoxidanionen und Wasserstoffperoxid – und sogar mit Hypochloriger Säure (dem Hauptbestandteil von Chlorbleiche). Diese massive Radikaldusche zerstört die Zellwand und die DNA des Erregers augenblicklich. Ohne freie Radikale wären wir schutzlos gegen Infektionen.

Der molekulare Funkverkehr (Redox-Signaling)

Eine noch subtilere und wichtigere Funktion erfüllen ROS in der Zellkommunikation. In niedrigen, physiologischen Konzentrationen wirken freie Radikale als hochspezifische, blitzschnelle Botenstoffe.

Signalwege in der Zelle: Das Feuerwehrauto-Prinzip

[Moderates Radikal-Signal (z.B. H_2O_2)]

?

? (Wirkt wie ein Pager)

?

[Zellulärer Sensor (z.B. Nrf2)]

?

? (Löst zellulären Alarm aus)

?

[DNA im Zellkern] ???

Produziert massive eigene Schutz-Enzyme

Radikale können bestimmte Proteine (wie Schalter) aktivieren oder deaktivieren. Das bekannteste Beispiel ist das stickstoffbasierte Radikal **Stickstoffmonoxid** (NO). Die innere Auskleidung unserer Blutgefäße (Endothel) produziert dieses flüchtige Gas, um den umliegenden Muskelzellen mitzuteilen, dass sie erschlaffen sollen. Die Folge: Die Gefäße weiten sich, und der Blutdruck sinkt.

Diese Entdeckung war so bahnbrechend, dass die beteiligten Forscher (Furchgott, Ignarro und Murad) 1998 den Nobelpreis für Medizin erhielten.

5. Das antioxidative Paradoxon und das Wunder der Mitohormesis

Wenn oxidativer Stress schlecht ist und Antioxidantien ihn bekämpfen, dann müsste die tägliche Einnahme von großen Mengen an Vitamin C, Vitamin E oder Beta-Carotin in Pillenform uns doch vor Krankheiten schützen und ein langes Leben garantieren. Diese bestechend einfache Logik hat einen milliardenschweren Markt für Nahrungsergänzungsmittel erschaffen.

Doch in der Biologie schlägt die Komplexität oft die einfache Logik.

Das Konzept "Viel hilft viel" hat sich in großen, rigorosen klinischen Studien als Trugschluss erwiesen – Wissenschaftler sprechen vom **antioxidativen Paradoxon**.

Die wohl berühmteste Studie dazu ist die **CARET-Studie** aus dem Jahr 1996. Man wollte beweisen, dass starke Antioxidantien Raucher vor Lungenkrebs schützen. Man verabreichte einer Gruppe hochdosiertes Beta-Carotin und Vitamin A, die andere Gruppe erhielt ein Placebo. Die Studie musste frühzeitig abgebrochen werden. Der Grund war erschütternd: Die Teilnehmer, die das Antioxidans einnahmen, erkrankten *häufiger* an Lungenkrebs und wiesen eine um 17 % höhere Gesamtsterblichkeit auf als die Placebo-Gruppe. Auch Meta-Analysen (die Zusammenfassung hunderter Studien) der Cochrane Collaboration kamen zu dem Schluss, dass die isolierte Zufuhr hochdosierter synthetischer Antioxidantien (wie Vitamin E oder Beta-Carotin) die Lebenserwartung nicht erhöht, sondern bei Daueranwendung sogar minimal senken kann.

Das Prinzip der Mitohormesis

Die Erklärung für dieses Paradoxon führt uns zu einem der elegantesten Mechanismen der Natur: der **Mitohormesis** (Hormesis der Mitochondrien).

Dieses Prinzip zeigt sich am eindrucksvollsten beim Sport. Früher nahm man an, Bewegung sei primär gesund, weil sie Kalorien verbrennt. Die Redox-Biologie zeigt, dass der entscheidende Mechanismus viel tiefer liegt. Wenn wir intensiv Sport treiben, benötigen unsere Muskeln massiv Sauerstoff. Die Mitochondrien arbeiten am Limit, und das "Elektronenleck" vergrößert sich dramatisch. Während eines harten Trainings entstehen gewaltige Mengen an freien Radikalen. Gemäß der reinen Schadens-Theorie müsste Sport uns rasant altern lassen.

Doch genau das Gegenteil ist der Fall! Dieser kurzzeitige, scharfe Anstieg (Peak) an freien Radikalen ist kein feindlicher Angriff, sondern ein **essenzielles Trainingssignal**. Die Radikale docken an zelluläre Sensoren an und signalisieren der DNA: *"Wir arbeiten hier am Limit, rüste auf!"* Daraufhin aktiviert die Zelle ihre eigenen Reparatur- und Anpassungsprogramme. Sie baut neue, stärkere Mitochondrien auf (Mitochondriale Biogenese) und kurbelt die Produktion der starken körpereigenen Antioxidantien-Enzyme (SOD, Katalase) drastisch an. Die Zelle wächst an dem kurzzeitigen Stress und ist danach weitaus widerstandsfähiger als vor dem Training. (Dasselbe Prinzip greift beim Fasten oder beim Saunieren).

Der absolute *Wow-Effekt* dieses Systems wurde 2009 von Forschern um den Stoffwechsel-Experten Michael Ristow in den *PNAS* publiziert: Die Wissenschaftler ließen Menschen ein strenges Sportprogramm absolvieren. Eine Gruppe nahm währenddessen extrem hochdosierte Antioxidantien (Vitamin C und E) ein, die andere nicht. Das Resultat: Die Antioxidantien neutralisierten die beim Sport entstandenen freien Radikale. Da der Körper jedoch dieses Radikal-Signal zwingend benötigt, um die Anpassungsprozesse zu starten, blieb der Gesundheitsgewinn aus. Die positiven Effekte des Sports – wie etwa die Steigerung der Insulinsensitivität, die vor Diabetes schützt – wurden durch die Vitaminpillen **komplett blockiert**.

Die Lektion der Natur lautet: Ein Leben völlig ohne (oxidativen) Stress führt zur Degeneration. Es ist genau das regelmäßige Überleben im moderaten Feuer der Sauerstoffradikale, das uns stark, anpassungsfähig und lebendig macht.

6. Verständliche Mythen und alternative Therapieansätze in der Diskussion

Der tiefe Wunsch, die eigene Gesundheit aktiv zu schützen und Krankheiten vorzubeugen, ist zutiefst menschlich und verständlich. In der Komplementärmedizin und auf dem Gesundheitsmarkt spielen die Begriffe "oxidativer Stress", "Entsäuerung" und "Entgiftung" (Detoxifikation) daher eine zentrale Rolle. Viele Menschen greifen mit bester Absicht zu speziellen Nahrungsergänzungen oder neuartigen diagnostischen Verfahren, um zelluläre Schäden abzuwenden. Um mündige und sichere Gesundheitsentscheidungen treffen zu können, ist es jedoch wichtig, die molekularen Fakten zu kennen und die teilweise komplexen Werbeversprechen wissenschaftlich einzuordnen.

1. "Superfoods" und isolierte Antioxidantien Oft wird vermittelt, dass die Zufuhr extrem hoher Dosen bestimmter Nährstoffe oder pflanzlicher Extrakte den zellulären Schutz linear erhöhe. Die wissenschaftliche Forschung legt jedoch nahe, dass ein hochgradig vernetztes biochemisches System wie die Redox-Balance nicht durch einzelne, stark konzentrierte Stoffe dauerhaft optimiert werden kann.

Die **Metapher des Orchesters** verdeutlicht dies: Ein Apfel oder eine Handvoll Brokkoli gleicht einem kompletten Symphonieorchester. Hunderte verschiedene, schwach dosierte sekundäre Pflanzenstoffe, Vitamine und Mineralien spielen harmonisch zusammen und unterstützen den Körper. Eine hochdosierte, isolierte Vitaminpille hingegen ist wie ein einzelner Trompeter, der den gesamten Konzertsaal in ohrenbetäubender Lautstärke beschallt. Die natürliche Harmonie (Zellkommunikation) geht verloren. Eine abwechslungsreiche, pflanzenbetonte Ernährung ist dem Griff zur Pille fast immer überlegen.

2. Die Dunkelfeldmikroskopie in der Diagnostik In manchen komplementärmedizinischen Praxen wird die Dunkelfeldmikroskopie eines lebenden Bluttröpfens genutzt, um "oxidativen Stress" oder ein angeblich "übersäuertes Milieu" direkt sichtbar zu machen. Menschen, die an diffusen, chronischen Erschöpfungssymptomen leiden, finden hier oft Gehör und suchen nach sichtbaren Erklärungen, die in routinemäßigen Arztbesuchen manchmal ausbleiben.

Wissenschaftlich und hämatologisch betrachtet lassen sich die molekularen Prozesse des oxidativen Stresses jedoch nicht durch die rein optische Beurteilung der Form roter Blutkörperchen unter dem Lichtmikroskop belegen. Verklumpungen des Blutes (wie die sogenannte "Geldrollenbildung") auf dem Objektträger sind oft physikalische Artefakte, die durch das Antrocknen des Blutes entstehen, und gelten nicht als evidenzbasierter Beweis für intrazelluläre Radikalschäden. Die moderne Medizin misst oxidativen Stress nicht optisch, sondern über hochpräzise biochemische Marker (z. B. durch die Bestimmung von Isoprostangeweben oder Glutathion-Spiegeln in spezialisierten Laboren).

3. Basisches Wasser und wasserstoffreiches Wasser Ein weiterer starker Trend ist die Nutzung von Geräten zur Aufbereitung von Trinkwasser. Es wird beworben, dass basisches (alkalisches) oder wasserstoffangereichertes Wasser den Körper direkt entsäuern und freie Radikale abfangen könne.

Aus Sicht der menschlichen Physiologie gibt es hierbei jedoch eine wesentliche Hürde: unseren Magen. Dieser produziert aus guten Gründen starke Magensäure (pH-Wert 1 bis 2), die für die Proteinverdauung und die Abtötung von Krankheitserregern unabdingbar ist. Wird basisches

Wasser getrunken, reagiert es sofort mit der Magensäure und wird im Regelfall neutralisiert, bevor es überhaupt den Darm erreicht und resorbiert wird. Zudem ist die Steuerung des Säure-Basen-Haushalts sowie des Redox-Systems im Körper durch Lunge, Nieren und Blutpuffer enorm leistungsfähig und engmaschig reguliert. Es ist physikologisch kaum möglich – und auch nicht sinnvoll –, diese tiefen intrazellulären Milieus allein durch den pH-Wert des Trinkwassers maßgeblich zu verschieben.

Fazit: Das Feuer respektieren, statt es zu löschen

Freie Radikale sind weder Dämonen, die uns unweigerlich zerstören, noch sind Antioxidantien die unfehlbaren Retter. Es sind tief verwurzelte, komplexe Werkzeuge der Biologie. Wir brauchen den oxidativen Stress in genau der richtigen Dosis – als stetigen Trainingsreiz, der unser Immunsystem scharfstellt und unsere Zellen zur ständigen Regeneration antreibt. Wer versucht, dieses lebensnotwendige, knisternde Feuer mit hochdosierten Pillen komplett zu löschen, beraubt seinen Körper seiner natürlichen Widerstandskraft. Die beste Strategie für eine gesunde Redox-Balance liegt in dem, was uns die Evolution seit jeher vorgibt: mäßiger, aber fordernder körperlicher Stress (Bewegung, Kälte, Wärme), ausreichend Schlaf zur Regeneration und eine facettenreiche Ernährung aus echten Lebensmitteln.
