



In hefetrüben Jungweinen ist die in Schwebelage befindliche Feinhefe in der Lage, große Mengen an Kupfer zu adsorbieren. Dadurch kommt zugesetztes Kupfer teilweise oder sogar vollständig zum Verschwinden. Dieser Effekt ist jedoch nicht genau kalkulierbar und sollte durch eine analytische Bestimmung des Restkupfers abgesichert werden. Für die Praxis ist er aber von größter Bedeutung, weil er in den seltenen Fällen erhöhten Kupferbedarfs ($> 0,5 \text{ mg/l Cu}^+$) eine Blauschönung ersetzen kann.

Insgesamt ist eine Blauschönung nur nach außergewöhnlich hohen Aufwandsmengen an Kupfer erforderlich. Aber auch korrekt durchgeführte Blauschönungen hinterlassen, sachlich gesehen, keine toxischen Cyanid-Rückstände im Wein.

FÖRDERT KUPFER DIE OXIDATION?

Schwermetalle fördern die Oxidation in unterschiedlichem Ausmaß, indem sie die Übertragung von gelöstem Sauerstoff auf Weinhaltstoffe beschleunigen. Vor diesem Hintergrund wird der Einsatz von Kupfer immer wieder mit einer beschleunigten Alterung des Weins in Verbindung gebracht.

Abbildung 1 zeigt die grundsätzliche Richtigkeit dieser Feststellung. Ein erhöhter Kupfergehalt beschleunigt die Umsetzung von Sauerstoff sogar stärker als ein vergleichbar hoher Eisengehalt unter der spezifischen Bedingung, dass genügend Sauerstoff zur Verfügung steht. Diese Bedingung mag in der Praxis erfüllt sein, wenn Wein in Materialien mit hoher Durchlässigkeit gegenüber atmosphärischem Sauerstoff gelagert wird, zum Beispiel in PE oder Holz. Unter diesen Umständen fördern gängige Mengen von Ascorbinsäure, wie sie besonders zur Vermeidung von UTA eingesetzt werden, die Umsetzung von Sauerstoff sogar stärker als Schwermetalle.

Grundsätzlich können Schwermetalle nur den Sauerstoff zur Oxidation verwenden, der tatsächlich in den Wein gelangt. Unter den modernen Bedingungen reduktiven Ausbaus fruchtiger Weißweine in Edelstahl sind diese Mengen äußerst gering. Schonende Weinbehandlung vorausgesetzt,

belaufen sie sich auf eine Größenordnung von 10 mg/l O_2 während des Ausbaus bis zur Flaschenfüllung. Die Sauerstoffaufnahme durch Schraubverschlüsse beträgt, in Abhängigkeit von der Dichtungseinlage, 0 bis 5 mg/l pro Jahr. Es sind von diesen Richtwerten abweichende, erhöhte Sauerstoffmengen, die zu einer beschleunigten oxidativen Alterung des Weins führen. Gelöster Sauerstoff jeglicher Menge wird im Wein vollständig umgesetzt. In Hinblick auf das Ergebnis ist es unerheblich, ob diese Umsetzung langsam oder durch Schwermetalle beschleunigt abläuft.

ZUSAMMENFASSUNG

Kupfer ist ein essentielles Spurenelement für den Menschen, dessen Organismus täglich $2-3 \text{ mg}$ davon benötigt, welche durch die Nahrung aufgenommen werden. Fast alle Lebens- und Genussmittel enthalten mehr Kupfer als ein Wein, der mit Kupfersalzen in den üblicherweise nötigen Mengen gegen Bockser behandelt wurde. Ein Vergleich der toxikologischen Daten ergibt, dass der Alkohol ca. 5.000 -mal toxischer als das in einem solchen Wein enthaltene Kupfer ist. Da die Kupferbehandlung gegen Bockser nur in seltenen Ausnahmefällen eine nachfolgende Blauschönung erfordert, entbehren toxikologische Bedenken jeglicher Grundlage.

Aromaeinbußen durch Kupfer sind auf dessen Reaktion mit Thiolen zurückzuführen, sofern diese sensorisch signifikant am Aroma beteiligt sind. Dies ist bei Sauvignon blanc aus physiologisch reifem Lesegut der Fall, jedoch nur selten bei anderen Rebsorten. Es ist nicht zulässig, das spezifische Verhalten des Sauvignon pauschal auf andere Rebsorten zu übertragen, sofern eine Kupferbehandlung technisch korrekt durchgeführt wird.

Literatur

1. Seifert S. T. et al. (2010): *Weinausbau im Betonkellertank*. Das Deutsche Weinmagazin, 25, 10-24.
2. Ecchi E. und Kobler A. (2008): *Kupfer im Wein*. Obstbau & Weinbau, 2, 47.
3. Frede W.: *Handbuch für Lebensmittelchemiker*, Springer-Verlag, 3. Auflage, Heidelberg 2010.

Der Sprinter wird sicherer



Mercedes Sprinter.

Foto: Werksbild

Der in Direktvermarkterkreisen weit verbreitete Kleintransporter Mercedes Sprinter ist jetzt deutlich überarbeitet worden. Neben einem Facelift mit veränderter Front und neuen Assistenzsystemen für verbesserte Sicherheit sind jetzt Motoren verfügbar, die die strengen Euro 6-Abgasnormen einhalten.

Zur Verringerung der Stickoxide wird bei den überarbeiteten Dieselmotoren (Vier- und Sechszylinder mit einer Leistung von 95 bis 190 PS) künftig wie bei LKW nach je 6.000 km das Auffüllen einer Harnstofflösung namens „AdBlue“ in einen separaten Tank unter der Motorhaube obligatorisch. Die zusätzlichen Bauteile verringern die Zuladung jedoch um 30 kg . Wer dies umgehen will, kann gegen einen Minderpreis von gut 1.000 Euro auch weiterhin die alte Euro 5-Variante wählen, die nach Werksangaben allerdings nicht so verbrauchoptimiert sein soll wie die neuen Motoren.

Vielfach dürften insbesondere die fünf neuen Sicherheitssysteme interessant sein. Dazu gehört aus dem PKW-Bereich Bekanntes wie Abstandswarner, Fernlicht-, Spurhalte- und Totwinkel-Assistent. Der bereits in der Serienausstattung enthaltene Seitenwind-Assistent erhöht die Fahrsicherheit bei auftretenden Windböen und ist Bestandteil der ESP-Steuerung. Die anderen Assistenzsysteme sind dagegen aufpreispflichtig. Im Innenraum gibt es eine Aufwertung mit neuen Polstern und einem neuen griffigeren Lenkrad. Optisch ist der neue Sprinter von vorne am Kühlergrill mit Wabenmuster und einer veränderten Stoßstange zu erkennen. Von hinten zeigt er sich mit Zweikammer-Rückleuchten. Die Karosserie ist um drei Zentimeter abgesenkt gegenüber dem Vorgänger. Wie bislang gibt es zahlreiche Fahrzeuglängen sowie Karosserie- und Aufbauversionen.

Die Updates führen zu einem Preiszuschlag von ca. 1.400 Euro im Vergleich zum Vorgänger. Ob die langjährige Zusammenarbeit von Mercedes mit Volkswagen und die gemeinsame Produktion des baugleichen Modells VW Crafter auch nach 2016 noch weitergeführt wird, ist dem Vernehmen nach fraglich.

Friedrich Ellerbrock

Abbildung 1: Einfluss von Eisen, Kupfer, Ascorbinsäure und Catechin auf die Bindung von Sauerstoff in einem Weißwein bei unbeschränktem Sauerstoffangebot

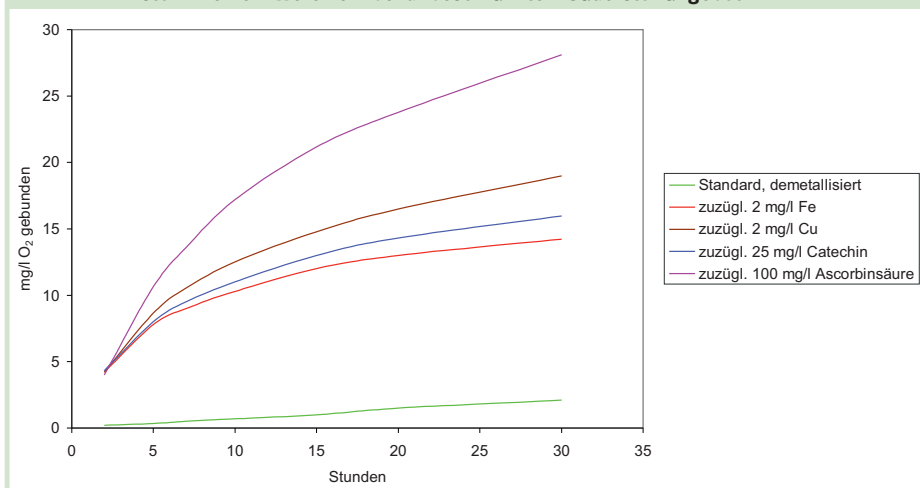




Tabelle 2: Toxizität als LD50 von verschiedenen Kupfersalzen und dem darin enthaltenen Reinkupfer

	LD50 (mg/kg)	Molekulargewicht	Anteil (%) Reinkupfer	LD50 (mg/kg) von ionisiertem Reinkupfer
Kupfer, elementar		63,56	100,0	
Kupferacetat	710	181,60	35,0	249,0
Kupfer-II-carbonat	159	221,20	28,7	45,7
Kupfer-I-chlorid	140	99,00	64,2	89,9
Kupfernitrat	940	187,60	33,9	318,6
Kupfer-I-oxid	470	143,10	44,4	208,9
Kupfer-II-sulfat	300	159,60	39,8	119,5
Mittelwert				172,0

tive Einstufung der Toxizität verschiedener Substanzen innerhalb der Gruppe der Säuger.

Die LD50-Werte für gängige Chemikalien und Lebensmittel sind leicht in der Literatur und im Internet zu recherchieren. Dies gilt jedoch nicht für metallische Ionen, die nur in Form ihrer Salze verarbeitet werden können. Ihre Toxizität hängt von ihrer chemischen Form ab. In Tabelle 2 ist die LD50 für verschiedene Kupfersalze, ihre Anteile an Reinkupfer und die daraus errechnete LD50 für das in ihnen enthaltene Reinkupfer wiedergegeben. Daraus ergibt sich eine mittlere LD50 von 172 mg/kg für Kupferionen, wie sie im Wein vorliegen können. Dieser Wert ist 86-mal höher als der tägliche Kupferbedarf von ca. 2 mg für einen durchschnittlichen Menschen.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Toxizität (LD50, mg/kg) des Kupfers im Vergleich mit der anderen, gesundheitlich oft umstrittener Weininhaltsstoffe. Zusätzlich wird dargestellt, wie viel Prozent der LD50 des jeweiligen Inhaltsstoffes in 1 Liter eines durchschnittlichen (böckserigen) Weins enthalten sind. Durch eine weitere Umrechnung ergibt sich, mit wie viel Prozent davon, unter Berücksichtigung des Körpergewichts, ein Mensch von 80 kg bei Konsum von 1 Liter des Weins belastet wird.

Das erstaunliche Ergebnis ist, dass der im Wein enthaltene Alkohol die bei Weitem toxischste Wirkung ausübt. Seine Toxizität ist ca. 150-mal höher als die gängiger Gehalte an SO₂ und sogar 5.000-mal höher als die des Kupfers, wenn ein Wein mit 0,5 mg/l Cu⁺ abgefüllt wird. Nicht zuletzt weisen die in böckserigen Weinen enthaltenen Mercaptane auch eine gewisse Toxizität auf.

Die nüchterne Betrachtung des Zahlenmaterials ergibt, dass toxikologische Bedenken hinsichtlich des Einsatzes von Kupfersalzen zur Beseitigung vorhandener Böckser oder zur Vermeidung potenzieller Lagerböckser jeglicher realen Basis entbehren.

ZERSTÖRT KUPFER DAS AROMA?

Nicht weniger Winzer ziehen einen durch Böckser entstellten Wein der Behandlung mit Kupfer vor, weil sie Einbußen an Aroma (welches?) des so behandelten Weins befürchten. Diese Furcht hat einen realen Hintergrund, entbehrt in ihrer pau-

schalisierten Form aber der Grundlage.

Bestimmte Weine enthalten Aromastoffe auf Thiol-Basis. Die für die meisten Böckser verantwortlichen Mercaptane einschließlich des Schwefelwasserstoffs zählen aber auch zu den Thiolen. Beide Arten von Thiolen reagieren sowohl mit Kupfer als auch mit Sauerstoff, wobei ihr Eigengeruch verschwindet.

In einigen Rebsorten ist der Beitrag positiver Thiol-Aromen zum Gesamtaroma von großer Bedeutung, in anderen wiederum sensorisch nicht signifikant. Weine des Sauvignon blanc aus physiologisch reifem Lesegut sind bekannt für ihren hohen Anteil an aromapragenden Thiolen. In der Tat können geringste Gaben von Kupfer diese für den typischen Geruchseindruck nach tropischen Früchten und schwarzen Johannisbeeren verantwortlichen Thiole fast vollständig zerstören. Dies macht die Böckserbehandlung in Sauvignon-Weinen zu einer äußerst delikaten Aufgabe. Sie wird durch eine Belüftung keineswegs erleichtert, weil die genannten Thiole auf Sauerstoff genau so sensibel wie auf Kupfer reagieren. Wohl bemerkt tritt diese Problematik nur in Sauvignons aus reifem Lesegut auf, die tatsächlich aromatisch relevante Mengen an Thiolen enthalten. Die so genannten „grünen“ Sauvignons hingegen beziehen ihre vegetative Aromatik aus Methoxy-pyrazinen, welche chemisch völlig inert sind.

Die extreme Kupfer-Sensibilität des Aromas reifer Sauvignons wird auf unzulässig vereinfachende Weise auf alle Rebsorten übertragen. Zweifellos gibt es noch weitere Rebsorten, bei denen Thiole einen Beitrag zum Sortenaroma leisten können. Dazu zählen Petite Arvine, Scheurebe, Cabernet Sauvignon und Colombard. Auch einige wenige Klone von Riesling und Grünem Veltliner zählen dazu. Die Kupfer-Sensibilität reifer Sauvignons erreichen sie jedoch nie.

Die allermeisten Weine anderer, gängiger Rebsorten verhalten sich gegenüber Kupfer erstaunlich neutral. Dies gilt auch für Gewürzsorten wie Traminer und Muskateller, deren Sortenaromatik durch Terpene getragen wird, welche nicht mit Kupfer reagieren. Davon kann man sich sehr leicht

Tabelle 3: Toxizität (LD50, mg/kg) verschiedener Weininhaltsstoffe, prozentualer Anteil der LD50 in 1 Liter Wein* sowie die toxikologische Belastung bei 80 kg Körpergewicht

	LD50 (mg/kg) (Ratte, oral)	% von LD50 (mg/kg) in 1 Ltr. Wein*	Prozentuale Belastung mit LD50 bei Konsum von 1 Ltr. Wein* durch eine Person von 80 kg
Alkohol (Ethanol)	7.060	1.454	18,2
Acetaldehyd (Ethanal)	661	3,03	0,0378
Schweflige Säure (SO ₂)	1.500	10	0,125
Eisen	300	1	0,0125
Kupfer	172	0,29	0,0036
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	712	0,0014	0,000018
Methylmercaptan	3.300	0,0015	0,000019
Ethylmercaptan	682	0,0029	0,000037

* = Es wurde ein Wein zugrunde gelegt mit einer angenommenen Zusammensetzung von: 10 µg/l H₂S, 20 µg/l Ethylmercaptan, 50 µg/l Methylmercaptan, 0,5 mg/l Kupfer, 3,0 mg/l Eisen, 13% Alkohol, 20 mg/l Acetaldehyd und 150 mg/l gesamte SO₂.

selbst überzeugen, indem man einen absolut sauberen Wein mit 0,5 mg/l Cu⁺ (2 ml einer Lösung von 100 mg/l Kupfersulfat zu 100 ml Wein) versetzt und mit dem unbehandelten Standard vergleicht. Sofern man die sensorische Bewertung verdeckt durchführt und den aus der Sensorik hinreichend bekannten Effekt der Suggestion ausschließt, kann die irrationale Angst vor Aromaschäden durch eine Kupferbehandlung leicht ausgeräumt werden.

Dennoch können solche Aromaschäden auftreten, wenn man bereits geklärte Weine mit extrem hohen Kupfermengen behandeln muss, die eine nachfolgende Blauschönung erforderlich machen. Ein solches Vorgehen erfordert zusätzliche Rühr- und Filtrationschritte und ist von einer schonenden Weinbehandlung weit entfernt. Die damit verbundenen Aromaverluste durch Verdunstung und Sauerstoffeintrag sind die eigentliche Ursache für Qualitätsverluste, welche leichtfertigerweise dem Kupfer zugeschrieben werden.

Analog strapazios, zumindest im Bereich der fruchtigen Weißweine, ist der Versuch der Böckserbeseitigung durch belüftendes Umpumpen. Dabei werden ca. 5 mg/l Sauerstoff aufgenommen, die im Einzelfall den Böckser beseitigen können, auf jeden Fall aber zu Lasten des Fruchtaromas gehen. Kupfer wirkt spezifischer auf Böckser als Sauerstoff.

ERFORDERT DIE KUPFERBEHANDLUNG EINE BLAUSCHÖNUNG?

Wie bereits ausgeführt, enthalten Weine in ausschließlich mit Edelstahl ausgestatteten Betrieben nicht mehr als 0,1 mg/l Cu⁺. Eine Dosage von 0,15 g/hl Kupfersulfat (0,38 mg/l Cu⁺) ist somit unbedenklich möglich, ohne dass die Stabilitätsgrenze von 0,5 mg/l Cu⁺ überschritten wird. Sie entspricht der Dosage, die zur Behandlung der überwiegenden Mehrheit von mindestens 95% gängiger Böckser genügt. Sie erfordert keine Blauschönung zur Minderung zu hoher Kupfergehalte.



Zwischen Mythen und Fakten: Kupfer gegen Böckser

Böckser zählen zu den häufigsten Weinfehlern und werden sehr kontrovers diskutiert. Ihre Ursachen sind vielfältig und in der Literatur hinreichend beschrieben. Eine wesentliche und über jeden Zweifel erhabene Rolle spielt dabei die weitläufige Verwendung von Edelstahl in der modernen Kellertechnik. Sie führt zu Weinen, die annähernd frei von Kupfer sind, weil aus dem Weingarten resultierendes Kupfer durch die gärende Hefe adsorbiert und entfernt wird. Dienliche Spuren von Kupfer, welche die den Böcksern zugrunde liegenden, flüchtige Schwefelverbindungen beseitigen könnten, fehlen in modernen Weinen. Dies war nicht immer so. Volker Schneider, Schneider Oenologie, Bingen, nennt sein Thema bewusst, Kupfereinsatz zwischen Mythen und Fakten.

Historisch gesehen waren erhöhte Kupfergehalte eher die Regel als die Ausnahme. Verantwortlich dafür waren die früher in der Kellertechnik verbreiteten Messingarmaturen, die mehr oder weniger große, aber auf jeden Fall unkontrollierte Mengen an Kupfer an den Wein abgaben. Manchmal waren sie so hoch, dass Kupfertrübungen auf der Flasche auftraten. Unter diesen Bedingungen waren Böckser seltene Ausnahmeerscheinungen.

Zur Behandlung bestehender Böckser und zur Vermeidung späterer, erst auf der Flasche entstehender Lagerböckser findet inzwischen der Einsatz von Kupfersalzen weithin Anwendung. Dabei handelt es sich um Kupfersulfat und Kupfercitrat. Dieses Vorgehen ist im Allgemeinen sehr effizient, stößt jedoch immer wieder auf heftige Kritik und Vorbehalte. Oft wird es mit einer chemischen Keule verglichen. Als Gründe werden toxikologische



Früher kamen die Weine während des Ausbaus noch häufiger mit Geräten und Armaturen aus Kupfer in Berührung. Böckser waren damals seltener als Kupfertrübungen im Wein. Foto: Archiv

Bedenken, die Notwendigkeit einer nachfolgenden Blauschönung zur Entfernung überschüssiger Kupfergehalte, qualitative Einbußen durch Aromaverluste oder eine beschleunigte Oxidation des Weins angeführt.

Um der Diskussion über den Einsatz von Kupfer (Cu⁺) im Keller ihre Emotionalität zu nehmen, soll jedes einzelne dieser Argumente anhand exakter Daten auf seine Stichhaltigkeit überprüft werden.

KUPFERGEHALTE IM WEIN

Frisch gepresste Moste weisen Kupfergehalte in einem weit schwankenden Bereich von 0,5-5 mg/l Cu⁺ auf. Der genaue Gehalt hängt wesentlich vom Einsatz von Kupfersalzen als weinbauliches Fungizid ab. Auf Grund der adsorbierenden Wirkung der Hefe weisen die Jungweine nur noch Gehalte von weniger als 0,1 mg/l Cu⁺ auf. Sie können als praktisch frei von Kupfer angesehen werden, soweit keine unkontrollierte Kupferaufnahme nach der Gärung im Keller erfolgt.

Der Kupfergehalt in Wein ist in der EU auf 1,0 mg/l, in den USA auf 0,5 mg/l begrenzt. Zur Vermeidung von Kupfertrübungen werden Gehalte von maximal 0,5 mg/l angestrebt.

Die beiden zur Böckserbehandlung und -prävention zur Verfügung stehenden Kupfersalze enthalten unterschiedliche Mengen an Reinkupfer (Cu⁺). Dies sind 25,5% beim Kupfersulfat und 33,5% beim Kupfercitrat.

Kupfercitrat kommt zwecks leichterer Dosage mit Bentonit granuliert in den Handel. Dieses Produkt, Kupzit[®], enthält nur 2% Kupfercitrat. Folglich belastet der Zusatz von 1 g/hl Kupzit den Wein mit 0,07 mg/l Cu⁺. Dem gegenüber werden bei Einsatz von 1 g/hl Kupfersulfat dem Wein 2,55 mg/l Cu⁺ zugeführt.

Die den Böckser verursachenden Verbindungen reagieren ausschließlich mit dem reinen Kupferion (Cu⁺) völlig unabhängig davon, ob dieses in Form von Sulfat, Citrat oder eines anderen Salzes in den Wein eingebracht wird. Ausschlaggebend für den Effekt ist nur die Menge des eingebrachten Kupfers, während seine Bindungsform und makroskopische Aufbereitung keine Rolle spielen. Die überwiegende Mehrzahl der Böckser, weit über 90%, können mit einer Kupfermenge von 0,25 mg/l Cu⁺ beseitigt oder verhindert werden. Dies entspricht 1 mg/l bzw. 0,1 g/hl Kupfersulfat. Sogar die doppelte Menge ist zulässig, ohne dass die Stabilitätsgrenze des Kupfers von 0,5 mg/l Cu⁺ überschritten wird. Die Daten ergeben sich aus einfachen Vorversuchen, die sich stets im Labormaßstab empfehlen. Tabelle 1 zeigt, dass selbst nach einer solchen Behandlung die erreichten Cu⁺-Gehalte deutlich unter denen der meisten Lebensmittel liegen.

Bei der Lagerung in nicht ausgekleidetem Beton wie dem Betonei wurde eine Zunahme des Kupfergehaltes um 0,2 mg/l Cu⁺ gemessen (1). Wird der

Wein zur Böckserbehandlung über ein Kupfersieb oder -blech laufen gelassen (2), erfolgt eine völlig unkontrollierte Kupferaufnahme. Es ist bezeichnend für die Emotionalität und Esoterik in der önologischen Entscheidungsfindung, dass eine passive Aufnahme von Kupfer mittels traditioneller, handwerklicher und unkalkulierbarer Methoden akzeptiert wird, während der aktive Zusatz exakt dosierbarer Kupfersalze auf starke Vorbehalte stößt.

Die genannten Daten und Fakten werden in der Diskussion um den Einsatz von Kupfer generell ignoriert. Trotzdem ist damit das toxikologische Argument einer Böckserbehandlung mit Kupfer noch nicht ausgeräumt.

WIE GIFTIG IST KUPFER?

Kupfer ist ein lebenswichtiges Spurenelement für den Menschen und funktioneller Bestandteil zahlreicher Enzyme. Der menschliche Körper enthält ungefähr 100 mg Kupfer; welches überwiegend in Proteine eingebunden vorzufinden ist. Der Kupfergehalt im Blut beträgt ca. 1 mg/l. Für Erwachsene wird ein täglicher Bedarf von 0,03 mg Cu/kg Körpergewicht angegeben, entsprechend 2,4 mg für eine Person von 80 kg. Die ausreichende Zufuhrmenge an Kupfer von 2-3 mg täglich ist durch eine ausgewogene menschliche Ernährung sichergestellt. Ein Teil davon wird mit dem Trinkwasser aufgenommen, für das in der EU ein Grenzwert von 2 mg/l Cu gilt. Es resultiert dort überwiegend aus Leitungen und Armaturen.

Die übliche Messgröße für die Toxizität einer Substanz ist die LD₅₀. Dabei handelt es sich um die mittlere letale Dosis, die bei 50% einer repräsentativen Population von Versuchstieren zum Tod führt, zum Beispiel bei Ratten nach oraler Verabreichung. Sie wird angegeben in Milligramm Substanz je Kilogramm Körpergewicht. Versuche mit Menschen sind ethisch nicht zulässig. Es handelt sich also um eine statistische Größe, deren Wert sich nur eingeschränkt auf Menschen übertragen lässt. Nichtsdestoweniger erlaubt sie eine rela-

Tabelle 1: Mittlere Kupfergehalte in Lebensmitteln, in mg/kg (zitiert nach 3)

Weichtiere	2,1
Fleisch	1,1
Leber	49,9
Niere	5,1
Geflügel	1,2
Milch	0,3
Süßwasserfische	0,5
Seewasserfische	0,4
Reis	2,1
Kartoffeln	0,9
Hülsenfrüchte	8,3
Blattgemüse	0,5
Wurzelgemüse	0,7
Wein	0,2