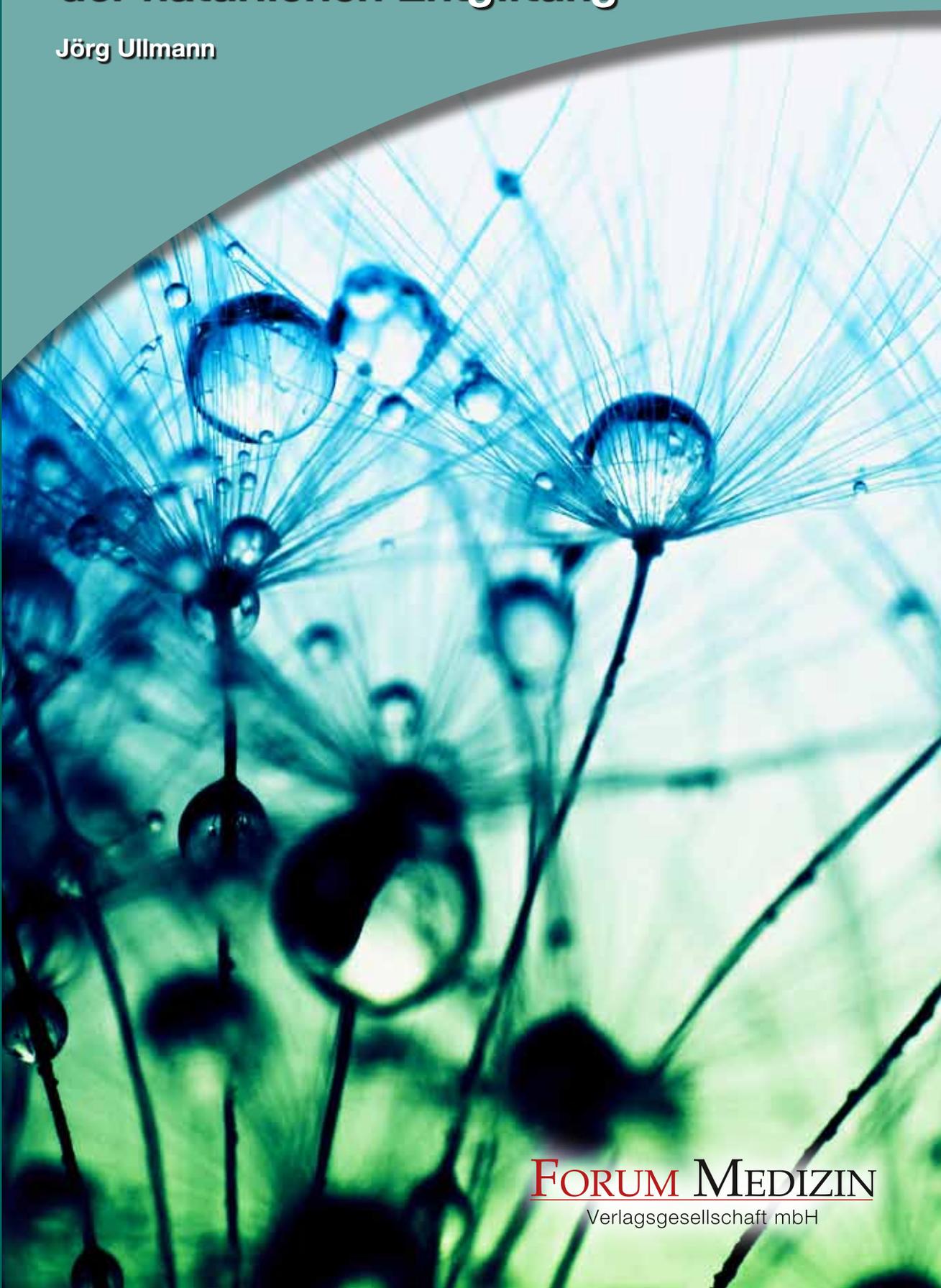


Sonderdruck aus Ausgabe 4/2017

## Die Mikroalge Chlorella – Effektive Wirkmechanismen zur Unterstützung der natürlichen Entgiftung

Jörg Ullmann



# Die Mikroalge Chlorella – Effektive Wirkmechanismen zur Unterstützung der natürlichen Entgiftung

Jörg Ullmann

Chlorella ist eine mikroskopisch kleine Grünalge (Chlorophyta), nicht viel größer als ein rotes Blutkörperchen. Der Name dieser einzelligen Wasserpflanze leitet sich ab vom griechischen *chloros* (grün, gelbgrün) und *-ella* (klein). Die Mikroalge ist von kugeliger Gestalt und kommt weltweit vor. Bereits seit längerem ist bekannt, dass Chlorella aufgrund des komplexen Zusammenspiels ihrer einzigartigen Inhaltsstoffe in der Lage ist, verschiedene Metalle wie Kupfer, Cadmium, Nickel, Gold, Chrom, Blei, Quecksilber und Arsen zu binden. In den letzten Jahren sind die Forschungen in diesem Bereich massiv intensiviert und die Mechanismen der Entgiftung weiter entschlüsselt worden. Der folgende Artikel porträtiert die vielseitige Mikroalge bezüglich ihres Ausleitungs- und Entgiftungspotentials.

Chlorella gehört zu den meistuntersuchten Pflanzen überhaupt. Diesen Erfolg verdankt sie vor allem ihren ernährungsphysiologischen Eigenschaften und ihrer Rolle als Modellorganismus in der Biologie. Allein in *PubMed* finden sich heute weit über 5.000 Einträge zum Suchbegriff *Chlorella*.<sup>1</sup> Die Mikroalge wird seit Mitte des letzten Jahrhunderts in Asien und später auch in Europa und den USA angebaut. Dabei kommen unterschiedliche Anbaumethoden zum Einsatz: offene Beton- oder Folienbecken, Fermenter oder Fotobioreaktoren.

## Chlorella-Arten

Die Bestimmung der Chlorella-Arten ist nicht trivial und wird heute hauptsächlich mithilfe von molekularen Markern durchgeführt. In der Vergangenheit wurden mehr als 100 Chlorella-Arten unterschieden, von denen die meisten revidiert werden mussten. Heute werden zur Gattung Chlorella nur noch drei Arten gezählt: *C. vulgaris*, *C. lobophora* und *C. sorokiniana*. Eine *C. pyrenoidosa* ist auch immer noch als Produkt erhältlich. Dabei handelt es sich allerdings um einen veralteten Begriff. Schon 1992 wurde festgestellt (und später in mehreren Studien bestätigt), dass es eine solche Art nicht gibt. Unter dem Begriff wurden vielmehr ganz unterschiedliche Algen-Arten und -Gattungen geführt.<sup>2,3</sup>

Chlorella besteht zu rund 50 % aus Proteinen mit einem sehr guten AAS (*Amino Acid Score*) und bis zu 5 % aus Chlorophyll, was sie zur chlorophyllreichsten Pflanze überhaupt macht. Zudem enthält Chlorella Ballaststoffe, Carotinoide ( $\beta$ -Carotin, Lutein), Alpha-Linolensäure (eine essentielle Omega-3-Fettsäure), bioverfügbares Vitamin B<sub>12</sub> (je nach Anbaumethode ist Chlorella die Vitamin B<sub>12</sub>-reichste Pflanze),  $\beta$ -1,3-Glucan (ein aktiver Immunstimulator und Radikalfänger, senkt den Lipidspiegel im Blut), Salizylsäure, Kaffeesäure und E-Zimtsäure (Antioxidantien, Analgetika, Antiphlogistika).<sup>4,5</sup>

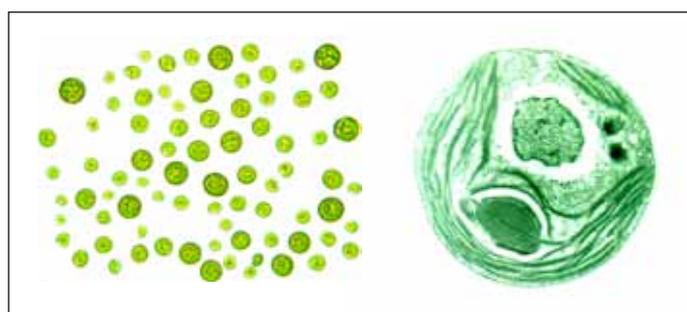


Abb. 1: Mikroskopische (links) und elektronenmikroskopische (rechts) Aufnahme von Chlorella

## Potentielle Wirkungen von Chlorella

Chlorella wird traditionell für die Ausleitung bzw. Entgiftung verschiedener Schadstoffe wie Schwermetalle oder Dioxin eingesetzt. Zudem zeigen eine Vielzahl von Studien eine immunmodulierende Wirkung, eine Senkung der Infektionsanfälligkeit, eine verbesserte Wundheilung, einen positiven Effekt auf die Darmflora, eine Erhöhung der Insulinempfindlichkeit, entzündungshemmende und antioxidative Wirkungen und eine Reduktion der Folgen von (stressbeeinflussten) Stoffwechselerkrankungen (positiver Einfluss auf Blutzucker- und Cholesterinspiegel, Blutdrucksenkung).<sup>4,6,7</sup>

## Ausleitung und Entgiftung

Das Thema Ausleitung, Entgiftung oder Detox ist ein Dauerthema, welches mittlerweile in der breiten Öffentlichkeit angekommen ist und teilweise auch kontrovers diskutiert wird. Während der emeritierte Professor Edzard Ernst in *The Guardian* zu Wort kommt unter der Überschrift: „Du kannst deinen Körper nicht entgiften. Es ist ein Mythos“<sup>8</sup>, schreibt die *Vogue* sogar mit dem Fokus auf Algen im selben Jahr und nur ein paar Monate zuvor: „Entgiften mit Algen. Detox ohne Verzicht [...] Das Wellness-Detox-Wunder, die Chlorella-Alge, erlebt derzeit einen Hype.“<sup>9</sup> Wer hat nun Recht?

Fakt ist: Unser Körper ist eigentlich eine perfekte *Entgiftungsmaschine*, mit all seinen Entgiftungsorganen wie Haut, Lunge, Nieren, Leber, Darm und Galle. Fakt ist aber auch, dass unsere Körper mit immer neuen Toxinen und teilweise immer größeren Mengen konfrontiert werden. Diese Belastung des Körpers durch diverse Umweltgifte wird heute als Ursache für eine Vielzahl an Erkrankungen gesehen.<sup>10,11</sup>

## Beispiel Blei

Vor allem in unseren Knochen reichert sich Blei an. Wir haben heute einen 10–100 Mal höheren Bleigehalt in den Knochen als der Urmensch<sup>12</sup> und im Blut stieg der Bleigehalt allein in den letzten rund 100 Jahren auf das 300–500-fache.<sup>13</sup> Und Blei schädigt den Organismus schon in niedrigen Dosen, wie etwa die *Pharmazeutische Zeitung* in ihrem Artikel *Blei im Blut – Auch wenig ist giftig* treffend zusammenfasst.<sup>14</sup>

## Beispiel Quecksilber

Quecksilber kommt ubiquitär in der Umwelt vor und besitzt eine hohe Humantoxizität in Konzentrationsbereichen, die bedenklich nah an der ernährungsbedingten Untergrundbelastung liegen.<sup>11</sup> Zusätzliche Eintragsquellen sind Amalgam-Füllungen (3–17  $\mu\text{g}/\text{d}$ ), berufliche Belastungen und vor allem der Verzehr von Fisch und anderen Meerestieren.<sup>11,15</sup> Quecksilber reichert sich in erster Linie im Nervensystem an.

## Biosorption von (Schwer-)metallen an Chlorella

Die Biosorption beschreibt im Fall der Chlorella zum einen die Adsorption der positiv geladenen Metall-Ionen an extrazelluläre, zell-assoziierte Materialien (z. B. Polysaccharide) oder negativ geladene Gruppen der Zelloberfläche (z. B. Carboxy-, Hydroxy-, Sulfat- oder Phosphat-Gruppen) und zum anderen deren Akkumulation im Zytoplasma (nur bei lebenden Zellen).<sup>16</sup>

Die Fähigkeit von Chlorella, verschiedene Metalle wie Kupfer, Cadmium, Nickel, Gold, Chrom, Blei, Quecksilber und Arsen zu binden oder in der Zelle selbst anzureichern, ist schon lange bekannt.<sup>16-18</sup> So wurde das Potential der Chlorella im Bereich *Bio-mining* untersucht, um wertvolle Rohstoffe wie Gold<sup>19</sup> oder Seltene Erden wie Neodym<sup>20</sup> zu gewinnen.

In der Abwasseraufbereitung wurde die Biosorption von Blei an Chlorella untersucht. Hier wurden vor allem Amino-, Carboxy-, Hydroxy- und Carbonyl-Gruppen für die Bindung verantwortlich gemacht.<sup>21,22</sup> In-vitro-Untersuchungen zeigten, dass 1 g Chlorella-Pulver bis zu 90 mg Blei binden kann, also immerhin 9 % ihres Eigengewichtes! Dabei waren schon innerhalb der ersten 15 Minuten 80–90 % des angebotenen Bleis (Konzentrationsreihe 0,5–500 mg/l) gebunden (Tab. 1). Im Test band dabei Chlorella-Pulver mit aufgebrochenen Zellwänden etwas weniger Blei (66,97 mg Pb/g) als Chlorella mit intakten Zellwänden (90,28 mg Pb/g).<sup>23</sup>

In anderen Untersuchungen konnte die schnelle Biosorption von Uran (VI) an Chlorella gezeigt werden (lebende Chlorella: 14,3 mg U/g, getrocknete: 28,3 mg U/g, beide innerhalb von 5 Minuten, bei 0,1 mM Uran in Lösung). Auch hier wurden Carboxyl-Gruppen, aber auch Phosphat-Gruppen, die an der Komplexbildung beteiligt waren, identifiziert.<sup>24</sup> Gegenüber Strontium konnte eine maximale Sorptionskapazität von Chlorella von 9,06 mg/g gezeigt werden.<sup>25</sup>

Bleikonzentration in Lösung, mg × l <sup>-1</sup>	Beladung der Alge in mg Blei pro g Biomasse	Prozentualer Anteil des absorbierten Bleis in %
0,5	0,09	83,16
5	0,90	89,69
50	8,04	80,52
500	90,28	90,43

Tab. 1: Chlorella vulgaris-Pulver wurde mit unterschiedlichen Konzentrationen einer Blei-Lösung inkubiert. (0,5 mg/l entspricht dabei der Konzentration, die bei stark belasteten Menschen auch im Blut erreicht werden kann). Über die gesamte Konzentrationsreihe hinweg wurden 83,16–90,43 % des angebotenen Bleis gebunden. Die maximale Beladung wurde mit 90,28 mg Blei/g Chlorella ermittelt, das entspricht 9,3 % des Eigengewichtes von Chlorella.<sup>23</sup>

## Qualitätskriterien von Chlorella-Produkten

Die Fähigkeit der Chlorella zur Biosorption von Schwermetallen kann natürlich auch den Schwermetallgehalt von Chlorella-Produkten (ein wichtiges Qualitätskriterium) beeinflussen. So wurden bei Untersuchungen von verschiedenen Chlorella-Produkten Schwankungsbreiten bei Blei von  $\leq 0,1 - 1,1$  mg/kg, bei Arsen von  $\leq 0,1 - 1,3$  mg/kg, von Cadmium  $\leq 0,02 - 0,11$  mg/kg und Quecksilber von  $\leq 0,01 - 0,07$  mg/kg festgestellt.<sup>2</sup> Zudem gibt es auf der Webseite des Europäischen Schnellwarnsystems für Lebens- und Futtermittel (RASSF) auch Meldungen, die Auffälligkeiten beim Schwermetallgehalt von Chlorella-Produkten betreffen: zum Beispiel wurde 2013 eine Probe Chlorella aus der Tschechischen Republik (Ursprungsland: Spanien) mit 5,5 mg/kg Blei entdeckt.<sup>26</sup>

Aber auch die Kontrolle auf andere potentielle Schadstoffbelastungen in Chlorella spielt eine Rolle. Als Beispiel seien die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) genannt, die bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material entstehen und als krebserzeugend und fruchtschädigend bekannt sind. Im RASSF-Portal wurde am 24.4.2015 eine Bio-Chlorella (Ursprung: China) gemeldet, in der 3.189 µg/kg Gesamt-PAK nachgewiesen wurden.<sup>26</sup> Seit April 2016 gilt ein Grenzwert von 50 µg/kg PAK in Nahrungsergänzungsmitteln (VO (EU) 2015/1933). In Fällen erhöhter PAK-Werte in Spirulina-Mikroalgen im Untersuchungszeitraum 2010 bis 2012 konnten die Untersuchungsämter für Lebensmittelüberwachung und Tiergesundheit in Baden-Württemberg als mögliche Quelle für die erhöhten Werte dieselbetriebene Trocknungsmaschinen identifizieren.<sup>27</sup>

## Forschungsstand zur Entgiftungsleistung

Kanno et al. untersuchten die Wirkung von Chlorella auf Patienten mit chronischer Cadmium-, Quecksilber- und Arsen-Vergiftung. Bei Gaben zwischen 4,5 und 6 Gramm Chlorella pro Tag konnten positive Ergebnisse erzielt werden.<sup>28,29</sup>

**Cadmium:** erhöhte Exkretion von Cadmium über Urin und Kot, Reduktion des Auftretens von Arthritis, Verbesserung der subjektiven Symptome

**Quecksilber:** Verringerung der Toxizität von Quecksilber, Linderung von Mangelernährungserscheinungen bei Patienten mit chronischer organischer Quecksilber-Vergiftung, Reduktion von unangenehmer Benommenheit, erhöhte Werte für Hämoglobin, rote Blutkörperchen und Serum-Protein

**Arsen:** Verringerung der Konzentration im Blut, erhöhte Ausscheidung über den Urin nach chronischer Vergiftung, signifikante Verbesserung des Hautbildes

Eine Anzahl von Versuchen wurde auch mit Tieren durchgeführt, die verschiedenen Schwermetallen ausgesetzt waren, um den Einfluss verschiedener Chlorella-Stämme mit unterschiedlicher Dosierung zu untersuchen. Diese Untersuchungen zeigten, dass die gastrointestinale Absorption von Schwermetallen verhindert und die fäkale Exkretion von Blei in Mäusen erhöht wurde.<sup>30</sup> Chlorella erhöhte die Ausscheidung von Quecksilber im Urin und Kot bei Mäusen,<sup>31,32</sup> die Methyl-Quecksilber (MeHg) ausgesetzt waren. Außerdem reduzierte Chlorella die Akkumulation von MeHg in Geweben, inklusive Gehirn, und unterdrückte den Transfer von MeHg in schwangeren Mäusen von der Mutter zum Fötus.<sup>33</sup> Bei Ratten, die Cadmium ausgesetzt waren, verhinderte Chlorella die Absorption und Akkumulation von Cadmium durch erhöhte Ausscheidung über Urin und Kot.<sup>34</sup>

## Antioxidatives Potential von Chlorella

Schwermetalle können schon in geringer Konzentration oxidativen Stress induzieren. Bei Ratten, die geringen Cadmium-Mengen ausgesetzt waren, konnte die Gabe von Chlorella oxidativen Stress verhindern, weil die Aktivität Radikal-bildender Enzyme und die Bildung von Lipidperoxiden reduziert wurden.<sup>35</sup> In Mäusen mit Quecksilber-Vergiftung (HgCl<sub>2</sub>) konnten durch Chlorella-Gaben oxidativer Stress und eine Nierenzell-Schädigung verhindert werden.<sup>36</sup> Ein ethanolscher Extrakt aus Chlorella (0,5 g/kg bw/d) schützte Ratten, die dem giftigen Tetrachlormethan ausgesetzt waren, effektiv vor oxidativem Stress. Die leberschützende Wirkung war dabei vergleichbar mit der Wirkung des Medikaments *Sylimarin* (0,2 g/kg bw/d), welches in der klinischen Praxis bei der Behandlung chronisch-entzündlicher Lebererkrankungen eingesetzt wird.<sup>37</sup> Einen vergleichbaren Entgift-

tungs-Effekt eines Chlorella-Extrakts beobachteten Hwang et al. Die Arbeitsgruppe stellte einen Anstieg bestimmter Biomarker fest, die in Phase I und II des Entgiftungsprozesses im Körper auftreten.<sup>38</sup> Chlorella schützt auch die Barriere der Darmschleimhaut und reduziert damit das Eindringen von Bakterien und Endotoxinen.<sup>39</sup>

### Chlorella und die Ausleitung von Dioxinen, Pestiziden und anderen Umweltgiften

Studien am Menschen zeigten, dass durch Chlorella der Transfer von Dioxinen von der Mutter zum Fötus über die Plazenta während einer Schwangerschaft um rund 30 % reduziert wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe.<sup>40</sup> Außerdem konnten in der Muttermilch sowohl die Konzentration von Dioxin reduziert als auch die Menge an Immunglobulin A erhöht werden.<sup>41</sup> Morita et al. konnten bei Ratten, die Dioxin ausgesetzt waren, nachweisen, dass Chlorella und ein Chlorophyll-Extrakt aus Chlorella die gastrointestinale Absorption von Dioxin verhinderte und die Ausscheidung von Dioxin beschleunigte.<sup>42,43</sup>

Chlordecon ist ein schädliches Insektizid, welches vom Körper fast nicht entgiftet beziehungsweise eliminiert werden kann. Es wird zwar mit der Gallenflüssigkeit ins Darmlumen ausgeschieden, aber später wieder reabsorbiert. Bei Ratten, die Chlordecon ausgesetzt waren, konnte die Gabe von Chlorella die Entgiftung beschleunigen und die Halbwertszeit des Toxins von 40 auf 19 Tage reduzieren.<sup>44</sup>

Zenker beschreibt 2015 an Fallbeispielen, wie Patienten, die an Borreliose erkrankt waren, durch Gaben von Chlorella geholfen werden konnte. Er begründet dies mit der Fähigkeit der Chlorella, die durch die Borrelien gebildeten Neurotoxine zu binden.<sup>45</sup> Wissenschaftlich fundierte Studien dazu gibt es allerdings noch nicht.

### Chlorella und die Mobilisierung von Schwermetallen im Körper

Klinghardt postuliert die mögliche Mobilisierung von Schwermetallen im Körper durch Chlorella-Gaben. Er macht dafür bestimmte Aminosäuren der Chlorella verantwortlich. Mit der Mobilisierung einhergehen könnten dann Symptome wie Kopfschmerzen, Unwohlsein, Blähungen und Übelkeit. Den Grund dafür sieht er darin, dass mehr Schwermetalle mobilisiert werden, als von der Chlorella im Darm gebunden werden können. Er empfiehlt in einem solchen Fall die Erhöhung der Chlorella-Dosis.<sup>46</sup>

## Resümee

Chlorella kann durch ein komplexes Zusammenspiel ganz unterschiedlicher Mechanismen die natürliche Entgiftung unterstützen:

1. Verminderung der Absorption von Schwermetallen bei der Nahrungsaufnahme
2. Verhinderung der Reabsorption von Schwermetallen im Darmlumen durch Biosorption
3. Komplexbildung, z.B. von Chlorophyll mit Dioxin verhindert die Absorption
4. Die mineralischen Komponenten der Chlorella können die Aufnahme von Schwermetallen im Darm kompetitiv hemmen
5. Erhöhung der Darmtätigkeit und Stimulation der Ausscheidung<sup>47</sup>
6. Antioxidantien (Chlorophyll, Carotinoide, Lutein, einige Vitamine) verhindern die Radikalbildung und damit auch eine Zellschädigung
7. Ein supprimiertes Immunsystem kann durch Immunmodulation stabilisiert und wieder gestärkt werden
8. Stimulation von Phase-II- und Phase-III-Eliminierungsprozessen, z.B. durch verstärkte Bildung konjugierend wirkender Enzyme wie Glutathion-S-Transferasen<sup>48</sup>



Autor:  
Jörg Ullmann, Diplom-Biologe, Buchautor  
E-Mail: j.ullmann@aol.de  
Blog: Die Welt der Algen

prämiert mit  
der Goldmedaille  
der GAD e.V.



### Leseempfehlung:

„Algen: das gesunde Gemüse aus dem Meer“  
von Jörg Ullmann und Kirstin Knufmann,  
KOSMOS Verlag, 2016

### Literatur

- 1 PubMed: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- 2 Ullmann J: Algen im Handbuch Lebensmittelhygiene. Behr's Verlag, 58. Aktualisierungslieferung April 2017
- 3 Marfaing H, Champenois J: Naming of Chlorella species in regulation. Centre d'Etude et de Valorisation des Algues. 10.04.2014, <http://www.ceva.fr/eng/INFORMATION/EDIBLE-ALGAE/Documents-Summaries/Naming-of-Chlorella-species-in-regulations>
- 4 Ullmann J: Mikroalgen im Porträt. Paracelsus Magazin, 5/2013
- 5 Richmond A (Editor): Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Blackwell Science Ltd., 2006
- 6 Panahi Y, Darvishi B, Jowzi N, Beiraghdar F, Sahebkar A: Chlorella vulgaris: A multifunctional dietary supplement with diverse medical properties. Curr Pharm Des, 2016, 22(2): 164-73
- 7 Nicoletti M: Microalgae Nutraceuticals. Foods, 2016, Aug 22, 5(3), pii: E54
- 8 The Guardian: You can't detox your body. It's a myth. So how do you get healthy? 05.12.2014
- 9 Vogue: Die Chlorella-Alge. Detox ohne Verzicht. 16.05.2014
- 10 Haager-Bürkert H: Chlorella – Merkmale für eine gute Entgiftungsleistung. OM & Ernährung 2011, Nr. 136
- 11 Ecke M, Ullmann J: Der Einsatz von Chlorella vulgaris Mikroalgen zur Schwermetallausleitung aus naturwissenschaftlicher Sicht. OM & Ernährung 2009, Nr. 129
- 12 Hirner AV, Emons H: Organic metal and metalloid species in the environment: analysis, distribution, processes and toxicological evaluation. Springer Science & Business Media, 14. März 2013
- 13 National Research Council (Hrsg.): Measuring lead exposure in infants, children, and other sensitive populations. Washington, DC: The National Academies Press. 1993
- 14 Pharmazeutische Zeitung: Blei im Blut: Auch wenig ist giftig. 34/2012
- 15 Umweltbundesamt: Quecksilber, letzte Aktualisierung. 07.01.2001, online verfügbar: [www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/quecksilber.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/quecksilber.htm)
- 16 Richmond A, Hu Q (Hrsg.): Handbook of microalgal culture: Applied phycology and biotechnology Kaplan D: Absorption and adsorption of heavy metals by microalgae, Blackwell Publishing Ltd. 2013
- 17 Metha SK, Gaur JP: Concurrent sorption of Ni<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> by Chlorella vulgaris from a binary metal solution. Appl Microbiol Biotechnol, 2001 Apr, 55(3): 379-82
- 18 Rodrigues MS, Ferreira LS, de Carvalho JC, Lodi A, Finocchio E, Converti A: Metal biosorption onto dry biomass of Arthrospira (Spirulina) platensis and Chlorella vulgaris: multi-metal systems. J Hazard Mater, 2012 May 30, 217-218: 246-55
- 19 Ting YP, Teo W K, Soh C Y: Gold uptake by Chlorella vulgaris. Journal of Applied Phycology, Feb 1995, Vol 7, Iss 1, pp 97-100
- 20 Kucuker MA, Wiecek N, Kuchta K, Coptly NK: Biosorption of neodymium on Chlorella vulgaris in aqueous solution obtained from hard disk drive magnets. PLoS One, 2017 Apr 7, 12(4): e0175255
- 21 Kanchana S, Jayanthi J: Biosorption of lead from wastewater using fresh water algae Chlorella. J Environ Sci Eng, 2014 Apr, 56(2): 229-32
- 22 Mehta SK, Gaur JP: Use of algae for removing heavy metal ions from wastewater: progress and prospects. Crit Rev Biotechnol, 2005 Jul-Sep, 25(3): 113-52
- 23 Schwerdtfeger A: In vitro Untersuchungen des Biosorptionsvermögens der Alge Chlorella vulgaris zum Schwermetall Blei. Hochschule Bremerhaven, 2016
- 24 Vogel M, Günther A, Rossberg A, Li B, Bernhard G, Raff J: Biosorption of U(VI) by the green algae Chlorella vulgaris in dependence of pH value and cell activity. Sci Total Environ, 2010 Dec 15, 409(2): 384-95
- 25 Ogawa K, Fukuda T, Han J, Kitamura Y, Shiba K, Odani A: Evaluation of Chlorella as a decorporation agent to enhance the elimination of radioactive strontium from the body. PLoS One, 2016 Feb 1, 11(2): e0148080
- 26 RASSF-Portal: [https://ec.europa.eu/food/safety\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety_en)

Die Literaturangaben 27 bis 48 erhalten Sie bei der Wissenschaftsredaktion des Forum Medizin Verlags, E-Mail: [medwiss@forum-medizin.de](mailto:medwiss@forum-medizin.de)