

The MAK Collection for Occupational Health and Safety

Addendum zu Molybdän und seine Verbindungen

Beurteilungswerte in biologischem Material

B. Michalke¹, H. Drexler^{2,*}, A. Hartwig^{3,*}, MAK Commission^{4,*}

¹ Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Abteilung Analytische BioGeoChemie, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg

² Leitung der Arbeitsgruppe „Beurteilungswerte in biologischem Material“ der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Henkestraße 9–11, 91054 Erlangen

³ Vorsitz der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Institut für Angewandte Biowissenschaften, Abteilung Lebensmittelchemie und Toxikologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Adenauerring 20a, Geb. 50.41, 76131 Karlsruhe

⁴ Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Kennedyallee 40, 53175 Bonn

* E-Mail: H. Drexler (hans.drexler@fau.de), A. Hartwig (andrea.hartwig@kit.edu), MAK Commission (arbeitsstoffkommission@dfg.de)

Keywords: Molybdän; Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert; BAT-Wert; Biologischer Arbeitsstoff-Referenzwert; BAR; Hintergrundbelastung

Citation Note: Michalke B, Drexler H, Hartwig A, MAK Commission. Addendum zu Molybdän und seine Verbindungen. Beurteilungswerte in biologischem Material. MAK Collect Occup Health Saf [Original-Ausgabe. Weinheim: Wiley-VCH; 2019 Oct;4(4):2339–2348]. Korrigierte Neuveröffentlichung ohne inhaltliche Bearbeitung. Düsseldorf: German Medical Science; 2025. https://doi.org/10.34865/bb743998d0024_w

Neuveröffentlichung (Online): 30 Apr 2025

Vormals erschienen bei Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; <https://doi.org/10.1002/3527600418.bb743998d0024>

Addendum abgeschlossen: 16 Mrz 2018

Erstveröffentlichung (Online): 13 Nov 2019

Zur Vermeidung von Interessenkonflikten hat die Kommission *Regelungen und Maßnahmen* etabliert.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer
Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.

Addendum to Molybdenum and its compounds

[Molybdän und seine Verbindungen, Addendum]

BAT value documentation in German language

B. Michalke¹, H. Drexler², A. Hartwig³, MAK Commission⁴*

DOI: 10.1002/3527600418.bb743998d0024

Abstract

In 2018, the German Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area has re-evaluated Molybdenum and its compounds. Available publications are described in detail. In recent publications since the last evaluation in 2005 some authors investigated Molybdenum concentrations in blood or urine with respect to occupational Molybdenum exposure, however, without a conclusive outcome: The results of the different studies were either contradictory or missed respective exposure data and/or quality control measures. Therefore, no BAT value (biological tolerance value) was derived. However, some studies reported background concentrations in men, women or children, most of them with sufficiently applied quality control. In these studies, it was found that nutrition is the most important contribution to Molybdenum in urine. Several studies with quality control means and with sufficient statistical power revealed similar concentration ranges between 34–50 µg/L urine and/or 95% percentiles around 150 µg/L urine. In conclusion, a BAR of 150 µg Molybdenum/L urine was derived.

Keywords

Molybdän; Arbeitsstoff; biologischer Toleranzwert; BAT-Wert; biologischer Leitwert; Toxizität

Author Information

¹ Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Abteilung Analytische BioGeoChemie, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg

² Leiter der Arbeitsgruppe „Aufstellung von Grenzwerten in biologischem Material“, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Henkestr. 9–11, 91054 Erlangen

³ Vorsitzende der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Institut für angewandte Biowissenschaften, Abteilung Lebensmittelchemie und Toxikologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Adenauerring 20a, Geb. 50.41, 76131 Karlsruhe

⁴ Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Kennedyallee 40, 53175 Bonn

* Email: H. Drexler (hans.drexler@fau.de), A. Hartwig (andrea.hartwig@kit.edu), MAK Commission (arbeitsstoffkommission@dfg.de)

Addendum zu Molybdän und seine Verbindungen

BAT (2018)	nicht festgelegt
BAR (2018)	150 µg Molybdän/L Urin
MAK-Wert (2000)	nicht festgelegt
Hautresorption	–
Krebs erzeugende Wirkung	–
Fruchtschädigende Wirkung	–

Im Jahr 2005 konnte aufgrund der Datenlage kein BAT-Wert für Molybdän und seine Verbindungen abgeleitet werden. Im vorliegenden Addendum werden nun die seither veröffentlichten Daten hinsichtlich der Möglichkeit der Ableitung eines BAT-Wertes oder eines BAR evaluiert.

Die Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ der Kommission hat Methoden zur Bestimmung von Molybdän in Urin und Plasma erarbeitet (Seiler et al. 1996; Schramel et al. 2000, 2003).

9 Reevaluierung

Im Folgenden werden Publikationen mit Erscheinungsdatum ab 2005 evaluiert.

9.1 Molybdän-Biomonitoring nach beruflicher Exposition

Ellingsen et al. (2017) untersuchten die Mo-Belastung in Blut, Blutzellen, Serum und Urin von Schweißern einer Schiffswerft in Russland (n = 70) und Kontrollen aus Metallbetrieben (Monteure ohne Exposition, n = 74). Alle Probanden waren entsprechend betriebsärztlicher Untersuchung gesund. Die Exposition gegen Schweißrauchpartikeln (SRP) wurde mittels personengebundener Luftmessung während der ganzen Schicht gemessen. Spektrale Interferenzen wurden mittels hochaufgelöster Messung mit ICP-sf-MS minimiert; Referenzmaterialien (Seronorm) wurden mitgemessen. Die Nachweisgrenzen in den verschiedenen Proben lagen bei 0,088 µg/L (Blut), 0,042 µg/L (Serum), 0,097 µg/L (Blutzellen) und 0,048 µg/L (Urin). Für Molybdän wurde zwar die höchste Median-Konzentration in der Luft gemessen (im Vergleich zu den anderen Elementen), jedoch wurde für Molybdän keine Assoziation mit der SRP-Konzentration festgestellt.

Folgende Molybdänkonzentrationen wurden ermittelt:

	Schweißer ♂ (n = 70)			Kontrollen ♂ (n = 74)		
	Median	Min–Max	95. Perzentil	Median	Min–Max	95. Perzentil
Blut [µg/L]	0,74	0,28–5,7	2,7	0,52	0,19–2,8	1,1
Serum [µg/L]	1	0,5–3,3	1,7	0,77	0,16–3,5	2,2
Blutzellen [µg/L]	1,7	1,1–2,4	2	1,4	1,1–2,5	1,8
Urin [µg/g Krea]	38	12–93	91	27	2,4–382	151

Die Autoren konnten keine statistisch signifikante Beziehung zwischen den Molybdän-Konzentrationen in den biologischen Proben und der Molybdän-Konzentration in der Luft feststellen.

Zeneli et al. (2015) untersuchten Blut und Serum von 27 unbelasteten Kontrollen einer ländlichen Region zusammen mit 70 Proben von Arbeitern einer Heizanlage im Kosovo, die „wenig bis mittel“ beruflich exponiert waren. Die Exposition wurde nicht näher quantifiziert. Es bestand eine Exposition gegen Aluminium, Nickel, Thallium und Uran, nicht aber gegen Molybdän. Essentielle Spurenelemente, u. a. Molybdän, wurden in Blut und Serum bestimmt und ein Zusammenhang mit der Belastung durch andere Elemente untersucht. Sämtliche Messungen wurden mit ICP-MS durchgeführt. Die Messmethode wurde mittels Analyse von 12 Referenzmaterialien in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen und Matrices (Serum, Plasma, Blut) überprüft. In beiden Probengruppen wurde eine sehr niedrige Molybdän-Blutkonzentration gemessen, jedoch in der (mit anderen Elementen) belasteten Gruppe eine, mit $p = 0,05$ signifikant niedrigere Konzentration von $0,81 \pm 0,3 \mu\text{g/L}$, verglichen mit der Konzentration bei den Kontrollen von $0,94 \pm 0,28 \mu\text{g/L}$. In der Spearman-Korrelation zeigte sich eine signifikant negative Korrelation zwischen Nickel und Molybdän und eine signifikant positive Korrelation zwischen Molybdän und Aluminium.

Von den Publikationen mit beruflicher Molybdänexposition beschreibt nur die Arbeit von Ellingsen et al. (2017) einerseits ausreichend qualitätssichernde Kriterien und andererseits Untersuchungen von Molybdänkonzentrationen von Kontrollen und von mit Molybdän exponierten Arbeitern.

9.2 Daten zur Hintergrundbelastung

9.2.1 Untersuchungen bei Kindern

Es liegen Untersuchungen zur Molybdänausscheidung von Kindern im Urin vor (Sievers et al. 2001; Çelik et al. 2014; Moreno et al. 2010).

9.2.2 Untersuchungen bei Frauen

Barrios et al. (2017) berichten von Molybdänkonzentrationen im Urin von 124 schwangeren mexikanischen Frauen. Die Studie wurde zur Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen Molybdänexposition der Mütter und einer möglichen Störung der neuronalen Entwicklung der Kinder durchgeführt. Ernährungsgewohnheiten wurden mittels Fragebogen erfasst. Die Urinproben wurden in jedem Trimester der Schwangerschaft genommen. Zwischen dem ersten und dritten Trimester der Schwangerschaften wurden die mittleren Molybdän-Urinkonzentration mit 37,0–40,3 µg/L bzw. 45,7–54,2 µg/g Kreatinin bestimmt. Es wurde kein Zusammenhang mit BMI, Alter, Rauchen oder anderen sozioökonomischen Faktoren festgestellt. Nach Untersuchung von 84 Nahrungsmitteln wurde ein signifikanter Zusammenhang nur zwischen hohem Chili-Konsum und Molybdän im Urin gefunden.

Das Autorenteam um Rentschler et al. (2018) analysierte Blutproben auf Edelmetalle und Molybdän mittels hochauflösender ICP-sf-MS von 248 Frauen (47–61 Jahre) aus neun Ländern unter qualitätsgesicherten Bedingungen. Aus jedem Teilnehmerland standen 24 bzw. 25 Proben zur Verfügung. Für Molybdän wurde ein Median von 2,0 (0,2–16) µg/L in Blutproben berichtet. Zwischen den Ländern variierten die Konzentrationen signifikant um den Faktor 2,9, wobei Ecuador und China die höchsten Werte zeigten (Messwerte nicht berichtet). Es wurde eine negative Korrelation zwischen Rauchen und Molybdän festgestellt.

In der Arbeit von Yoshida et al. (2006) wurde die Molybdänaufnahme aus der Nahrung und die nachfolgende Ausscheidung untersucht. An der Studie nahmen nur gesunde japanische Frauen im Alter von 18–23 Jahren teil. Die Probandinnen erhielten während der 18-tägigen Studie ausschließlich kontrollierte Nahrung. Die Molybdänausscheidung im Urin korrelierte mit dem Molybdäengehalt in den zugeführten Nahrungsmitteln.

9.2.3 Untersuchungen bei Männern

In einer Untersuchung von Lewis und Meeker (2015) wurden u. a. Molybdänkonzentrationen in Blut, Urin und Serum, und deren mögliche Korrelation zu Serum-Testosteron in 484 Männern (18–55 Jahre) beschrieben. Das Probenkollektiv bzw. die Analysedaten stammen aus der NHANES Datenbank.

9.2.4 Untersuchungen in der Allgemeinbevölkerung

In einer weiteren Studie von Lewis et al. (2016) wurden die Daten von 1496 Erwachsenen (♂ 830; ♀ 666) aus der NHANES-Studie aus dem Zeitraum von 2007 bis 2010 herangezogen, um einen möglichen Zusammenhang zwischen Knochendichte und Molybdänkonzentration im Urin zu untersuchen. In multivariablen Modellen wurde eine statistisch signifikante inverse Assoziation zwischen $\ln(U\text{-Molybdän})$ und der Lendenwirbelsäulen- bzw. Oberschenkelhals-Knochendichte bei Frauen (50–80+ Jahre) festgestellt. Der Median der Molybdänausscheidung im Urin lag bei Männern in der Altersgruppe 20–50 Jahre bei 49,8 µg/L (38,8 µg/g Kreatinin), in der Altersgruppe < 50 Jahre bei 48,4 µg/L (38,2 µg/g Kreatinin), für Frauen in der

Altersgruppe 20–50 Jahre bei 45,4 µg/L (44,9 µg/g Kreatinin), in der Altersgruppe < 50 Jahre bei 33,7 µg/L (42,9 µg/g Kreatinin).

Saravanabhavan et al. (2017) berichten von einer Studie im Rahmen des Canadian Health Measures Survey (CHMS), in welcher Blut und Urin von drei Altersgruppen (3–5 Jahre, 6–19 Jahre, 20–79 Jahre) hinsichtlich der Hintergrundbelastung mit Molybdän untersucht wurden. Aus der Messperiode 2009/2011 wurden 95. Perzentile für Molybdän im Blut von 2,7 µg/L (1,4–4,0 µg/L) für die Altersgruppe 3–5 Jahre (n = 495), von 1,7 µg/L (1,3–2,0 µg/L) für die Altersgruppe 6–19 Jahre (n = 985) und von 1,6 µg/L (1,4–1,7 µg/L) für die Altersgruppe 20–79 Jahre (n = 1759) bestimmt. Für Molybdän im Urin wurden 95. Perzentile von 290 µg/L (200–380 µg/L) für die Altersgruppe 3–5 Jahre (n = 465), von 230 µg/L (180–290 µg/L) für die Altersgruppe 6–19 Jahre (n = 993) und von 170 µg/L (130–210 µg/L) für die Altersgruppe 20–79 Jahre (n = 1519) bestimmt.

Zeiner et al. (2006) untersuchten sieben Spurenelemente, darunter Molybdän, in Urinproben von 100 (♂ 50 und ♀ 50; 17–88 Jahre) gesunden männlichen und weiblichen Probanden aus Wien. Die Probanden hatten weder Metallprothesen, noch berufsbedingte Exposition. Für das gesamte Probenkollektiv wird ein Mittelwert von 57,7 µg/g Kreatinin (3,91–745 µg/g Kreatinin) und ein Median von 46,2 µg/g Kreatinin angegeben. Die Molybdän-Urinkonzentrationen von Männern unterschieden sich nicht signifikant von denen von Frauen (♂ Mittelwert: 61,0 µg/g Kreatinin (3,91–745 µg/g Kreatinin), Median: 42,3 mg/g Kreatinin; ♀ Mittelwert: 54,4 µg/g Kreatinin (12–215 µg/g Kreatinin), Median: 47,2 mg/g Kreatinin).

Heitland und Köster (2006 a) analysierten 37 Spurenelemente in Blutproben von 130 (♂ 50; ♀ 80; 18–70 Jahre) norddeutschen, nicht exponierten Probanden. Der Mittelwert für Molybdän im Blut wird mit 0,43 µg/L (0,06–4,0 µg/L) angegeben, das 95. Perzentil mit 1,1 µg Molybdän/L Blut.

Bei der Analyse von 30 Spurenelementen in Urinproben von 87 nichtexponierten Erwachsenen (Heitland und Köster 2006 b) wurde ein Mittelwert von 38 µg Molybdän/L Urin (4–357 µg/L) und ein 95. Perzentil von 94 µg/L Urin gemessen.

9.3 Reevaluierung

Bei mehreren der neuen Arbeiten liegen große und gut charakterisierte Probenkollektive sowie ausreichende Angaben zu erfolgreicher Qualitätssicherung bei den Messungen vor (Ellingsen et al. 2017; Barrios et al. 2017; Rentschler et al. 2018; Yoshida et al. 2006; Lewis und Meeker 2015; Lewis et al. 2016; Saravanabhavan et al. 2017; Zeiner et al. 2006; Heitland und Köster 2006 a, b). Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt.

9.3.1 Reevaluierung eines BAT-Wertes

Im Zusammenhang mit einer berufsbedingten Exposition kann von den drei verfügbaren Publikationen nur die Arbeit von Ellingsen et al. (2017) herangezogen werden. Nur diese Publikation erwähnt ausreichend qualitätssichernde Kriterien und untersucht Molybdänkonzentrationen von Kontrollen und Molybdän-exponierten Ar-

2344 BAT Value Documentation

beitern. Die Molybdän-Urinkonzentration zeigte **keinen** Bezug zur Exposition. Im Blut von Schweißern zeigten die Messwerte zwar signifikant höhere Molybdän-Konzentrationen, jedoch stellten die Autoren **keine** statistisch signifikante Assoziation zwischen Molybdän in den biologischen Flüssigkeiten und der Molybdän-Konzentration in der Luft fest (Ellingsen et al. 2017).

Bei der Arbeit von Zeneli et al. (2015) liegt keine Exposition mit Molybdän vor, sondern mit anderen Metallen, so dass kein Zusammenhang zwischen Molybdän-Exposition und Konzentration in biologischem Material herzustellen ist.

Da keine Studien publiziert sind, die eine klare Beziehung zwischen Exposition und Molybdänkonzentration in Urin nachweisen und Werte bis 300 µg Molybdän/L Urin von überwiegend ernährungsbedingter Hintergrundbelastung erreicht werden können,

wird kein BAT-Wert abgeleitet.

9.3.2 Evaluierung eines BAR

Die neueren Arbeiten zum Biomonitoring von Molybdän bestätigen die Werte der Hintergrundbelastung in der Allgemeinbevölkerung (Schaller 2006). Relevante Studien sind in Tabelle 1 dargestellt. Für die Ableitung des BAR wird das 95. Perzentil der Studien von Lewis und Meeker (2015) herangezogen, die die Molybdänkonzentration im Urin in einer nicht exponierten Bevölkerungsstichprobe (NHANES) mit modernen, nachweisstarken Bestimmungsverfahren unter ausreichender Qualitätssicherung durchgeführt haben, sowie das 95. Perzentil der Studien von Saravanabhavan et al. (2017), Heitland und Köster (2006 b) und Ellingsen et al. (2017). Die Studien werden zusätzlich über ähnliche Medianwerte aus den Studien von Lewis et al. (2016) und Zeiner et al. (2006) gestützt.

Studien mit Kindern (Sievers et al. 2001; Çelik et al. 2014; Moreno et al. 2010) werden wegen der für Erwachsene untypischen Ernährung nicht herangezogen.

Aus den Studien von Lewis und Meeker (2015), Saravanabhavan et al. (2017), Heitland und Köster (2006 b) und Ellingsen et al. (2017) wird ein BAR von

150 µg Molybdän/L Urin

abgeleitet.

Der BAR im Urin wird literbezogen festgelegt, da ein Vorteil des Kreatininbezugs bei Molybdän nicht belegt ist.

Tab. 1 Studien mit ausreichender Qualitätssicherung zur Hintergrundbelastung erwachsener Personen mit Molybdän

Literatur	Kollektiv	Probenmatrix	n	Mittelwert	Median	95. Perzentil
Ellingsen et al. 2017	Kontrollkollektiv einer arbeitsmedizinischen Studie; Männer, Russland	Blut	74		0,52 µg/L	1,1 µg/L
Rentschler et al. 2018	Frauen	Blut	248		2,0 µg/L	
Sarvanabhavan et al. 2017	CHMS, Kanada	Blut	1759 (20–79 Jahre)			1,6 µg/L
Heitland und Köster 2006 a	Allgemeinbevölkerung, Deutschland	Blut	130	0,43 µg/L		1,1 µg/L
Heitland und Köster 2006 b	Allgemeinbevölkerung, Deutschland	Urin	87 (18–65 Jahre)	38 µg/L		94 µg/L
Ellingsen et al. 2017	Kontrollkollektiv einer arbeitsmedizinischen Studie; Männer, Russland	Urin	74		27 µg/g Krea	151 µg/g Krea
Barrios et al. 2017	schwängere Frauen, Mexiko	Urin	124	37–40,3 µg/L 45,7–54,2 µg/g Krea		
Lewis und Meeker 2015	USA, Männer NHANES	Urin	484	41,54 µg/L	46,05 µg/L	141 µg/L
Lewis et al. 2016	USA, Männer NHANES	Urin	830			
			541 (20–50 Jahre)		49,8 µg/L 38,8 µg/g Krea	
			289 (50–80+ Jahre)		48,4 µg/L 38,2 µg/g Krea	

Tab. 1 (Fortsetzung)

Literatur	Kollektiv	Probenmatrix	n	Molybdän		
				Mittelwert	Median	95. Perzentil
Lewis et al. 2016	USA, Frauen NHANES	Urin	666			
			459 (20–50 Jahre)		45,4 µg/L 44,9 µg/g Krea	
			207 (50–80+ Jahre)		33,7 µg/L 42,9 µg/g Krea	
Saravanabhavan et al. 2017	CHMS, Kanada	Urin	1519 (20–79 Jahre)			170 µg/L
Zeiner et al. 2006	Allgemeinbevölkerung Österreich	Urin	100	57,7 µg/g Krea	46,2 µg/g Krea	
	Männer		50	61 µg/g Krea	42,3 µg/g Krea	
	Frauen		50	54,4 µg/g Krea	47,2 µg/g Krea	

10 Literatur

- Barrios PL, Vázquez-Salas RA, López-Carrillo L, Menezes-Filho JA, Torres-Sánchez L (2017) Dietary determinants of urinary molybdenum levels in Mexican women: a pilot study *Salud Publica Mex* 59: 548–555
- Çelik T, Savaş N, Kurtoğlu S, Sangün Ö, Aydın Z, Mustafa D, Öztürk OH, Mısırlıoğlu S, Öktem M (2014) Iodine, copper, zinc, selenium and molybdenum levels in children aged between 6 and 12 years in the rural area with iodine deficiency and in the city center without iodine deficiency in Hatay. *Turk Pediatri Ars* 49: 111–116
- Ellingsen DG, Chashchin M, Berlinger B, Fedorov V, Chashchin V, Thomassen Y (2017) Biological monitoring of welders' exposure to chromium, molybdenum, tungsten and vanadium. *J Trace Elem Med Biol* 41: 99–106
- Heitland P, Köster HD (2006 a) Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP-MS. *J Trace Element Med Biol* 20: 253–262
- Heitland P, Köster HD (2006 b) Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS. *Clin Chim Acta* 365: 310–318
- Lewis RC, Meeker JD (2015) Biomarkers of exposure to molybdenum and other metals in relation to testosterone among men from the United States National Health and Nutrition Examination Survey 2011–2012. *Fertil Steril* 103: 172–178
- Lewis RC, Johns LE, Meeker JD (2016) Exploratory analysis of the potential relationship between urinary molybdenum and bone mineral density among adult men and women from NHANES 2007–2010. *Chemosphere* 164: 677–682
- Moreno ME, Acosta-Saavedra LC, Meza-Figueroa D, Vera E, Cebrian ME, Ostrosky-Wegman P, Calderon-Aranda ES (2010) Biomonitoring of metal in children living in a mine tailings zone in Southern Mexico: A pilot study. *Int J Hyg Environ Health* 213: 252–258
- Rentschler G, Rodushkin I, Cerna M, Chen C, Harari F, Harari R, Horvat M, Hruha F, Kasparova L, Koppova K, Krskova A, Krsnik M, Laamech J, Li YF, Löfmark L, Lundh T, Lundström NG, Lyoussi B, Mazej D, Osredkar J, Pawlas K, Pawlas N, Prokopowicz A, Skerfving S, Snoj Tratnik J, Spevackova V, Spiric Z, Sundkvist A, Strömberg U, Vadla D, Wranova K, Zizi S, Bergdahl IA (2018) Platinum, palladium, rhodium, molybdenum and strontium in blood of urban women in nine countries. *Int J Hyg Environ Health* 221: 223–230
- Saravanabhavan G, Werry K, Walker M, Haines D, Malowany M, Khoury C (2017) Human bio-monitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian Health Measures Survey 2007–2013. *Int J Hyg Environ Health* 220: 189–200
- Schaller KH (2006) Molybdän und seine Verbindungen, außer Molybdäntrioxid. In: Drexler H, Greim H (Hrsg) *Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte) und Expositions-äquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)*, 13. Lieferung, Wiley-VCH, Weinheim; <https://doi.org/10.1002/3527600418.bb743998d0013> (zuletzt aufgerufen am 15.07.2019)
- Schramel P, Dunemann L, Caroli S, Emons H, Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ (2000) Aluminium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän, Nickel, Vanadium. In: Angerer J, Schaller KH, Greim H (Hrsg) *Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe*, Band 2: Analysen in biologischem Material, 14. Lieferung, Wiley-VCH, Weinheim
- Schramel P, Dunemann L, Begerow P, Brätter P, Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ (2003) Molybdän. In: Angerer J, Schaller KH, Greim H (Hrsg) *Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe*, Band 2: Analysen in biologischem Material, 15. Lieferung, Wiley-VCH, Weinheim

2348 BAT Value Documentation

- Seiler HG, Seiler M, Alt F, Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ (1996) Molybdän. In: Angerer J, Schaller KH, Greim H (Hrsg) Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Band 2: Analysen in biologischem Material, 12. Lieferung, VCH, Weinheim
- Sievers E, Schleyerbach U, Schaub J (2001) Molybdenum in infancy: methodical investigation of urinary excretion. *J Trace Elem Med Biol* 15: 149–154
- Yoshida M, Hattori H, Ota S, Yoshihara K, Kodama N, Yoshitake Y, Nishimuta M (2006) Molybdenum balance in healthy young Japanese women. *J Trace Elem Med Biol* 20: 245–252
- Zeiner M, Ovari M, Zaray G Steffan I (2006) Selected urinary metal reference concentrations of the Viennese population – urinary metal reference values (Vienna). *J Trace Elem Med Biol* 20: 240–244
- Zeneli L, Sekovanić A, Daci N (2015) Chronic exposure to aluminum, nickel, thallium and uranium and their relationship with essential elements in human whole blood and blood serum. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 50: 540–546

Autoren: B. Michalke, H. Drexler (Leiter der Arbeitsgruppe „Aufstellung von Grenzwerten in biologischem Material“, Deutsche Forschungsgemeinschaft), A. Hartwig (Vorsitzende der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft), MAK Commission (Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft)

von der Arbeitsgruppe verabschiedet: 16.03.2018