

Aceton – Addendum: (Re)evaluierung des BAT-Wertes und eines BAR

Beurteilungswerte in biologischem Material

E. Ochsmann¹

G. Schriever-Schwemmer²

H. Drexler^{3,*}

A. Hartwig^{4,*}

MAK Commission^{5,*}

Keywords

Aceton; Biologischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert; BAT-Wert; Entwicklungstoxizität; fruchtschädigende Wirkung; Biologischer Arbeitsstoff-Referenzwert; BAR

¹ *Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Institut für Arbeitsmedizin, Prävention und betriebliches Gesundheitsmanagement, Ratzeburger Allee 160, 23562 Lübeck*

² *Institut für Angewandte Biowissenschaften, Abteilung Lebensmittelchemie und Toxikologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Adenauerring 20a, Geb. 50.41, 76131 Karlsruhe*

³ *Leitung der Arbeitsgruppe „Beurteilungswerte in biologischem Material“ der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg, Henkestraße 9–11, 91054 Erlangen*

⁴ *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*

⁵ *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)

Abstract

In 2018, the German Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area has re-evaluated acetone [67-64-1] and has derived a biological tolerance value (BAT value) and a biological reference value (BAR).

In correlation to the maximum concentration at the workplace (MAK value) of 500 ml acetone/m³, a BAT value of 50 mg acetone/l urine was derived. Sampling time is at the end of exposure or the end of the shift. According to currently available information damage to the embryo or foetus cannot be excluded after exposure to acetone concentrations at the level of the MAK and BAT value (Pregnancy Risk Group B). The MAK value documentation indicates that based on the NOAEC (no observed adverse effect concentration) for developmental toxicity of 2200 ml/m³ no prenatal toxic effects of acetone are to be expected at about 200 ml/m³. The corresponding internal exposure of 20 mg acetone/l urine would be the prerequisite for an assignment to Pregnancy Risk Group C, which means that damage to the embryo or foetus is unlikely at this concentration. Based on the 95th percentile of the urinary acetone excretion in occupationally unexposed persons, a BAR of 2.5 mg acetone/l urine was derived.

Citation Note:

Ochsmann E, Schriever-Schwemmer G, Drexler H, Hartwig A, MAK Commission. Aceton – Addendum: (Re)evaluierung des BAT-Wertes und eines BAR. Beurteilungswerte in biologischem Material. MAK Collect Occup Health Saf. 2022 Mrz;7(1):Doc013. https://doi.org/10.34865/bb6764d7_1ad

Manuskript abgeschlossen:
31 Mai 2021

Publikationsdatum:
31 Mrz 2022

Lizenz: Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



BAT-Wert (2021)	50 mg Aceton/l Urin Probenahmezeitpunkt: Expositionsende bzw. Schichtende
BAR (2021)	2,5 mg Aceton/l Urin Probenahmezeitpunkt: Expositionsende bzw. Schichtende
MAK-Wert (1993)	500 ml/m³ \approx 1200 mg/m³
Spitzenbegrenzung (2000)	Kategorie I, Überschreitungsfaktor 2
Hautresorption	–
Krebserzeugende Wirkung	–
Keimzellmutagene Wirkung	–
Fruchtschädigende Wirkung (2012)	Gruppe B ^{a)}

^{a)} Hinweis auf Voraussetzung für Gruppe C siehe [Abschnitt „Fruchtschädigende Wirkung“](#)

Reevaluierung

Im Jahr 1996 wurde von der Arbeitsgruppe „Beurteilungswerte in biologischem Material“ für die Acetonausscheidung im Urin ein Biologischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert (BAT-Wert) evaluiert (Schaller und Triebig 1996 a, b). Da die Datenlage zur Korrelation zwischen innerer Belastung und Beanspruchung als gering eingeschätzt wurde, basierte die BAT-Wert-Evaluierung auf der Beziehung zwischen äußerer und innerer Belastung. Dabei wurde in Korrelation zu der 1993 festgelegten maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert) von 500 ml/m³ (1200 mg/m³) (Greim 1993) nach dem damals gültigen Höchstwert-Konzept eine Aceton-Ausscheidung von 80 mg/l Urin abgeleitet. Da dieses Konzept nicht mehr gültig ist, wurden die vorliegenden Studien zur Ableitung eines BAT-Wertes jetzt nach dem Mittelwertkonzept bewertet. Zusätzlich wurden die Daten zur Hintergrundbelastung evaluiert und ein Biologischer Arbeitsstoff-Referenzwert (BAR) abgeleitet.

Belastung und Beanspruchung

Beziehung zwischen innerer Belastung und Beanspruchung

Seit Veröffentlichung der letzten Evaluation des BAT-Wertes wurde 1997 eine Studie zur Neurotoxizität beruflich Aceton-exponierter Beschäftigter veröffentlicht (Mitran et al. 1997). In dieser wurden 71 exponierte und 86 nichtexponierte Beschäftigte einer Münz- und Metallfabrik untersucht. Die inhalative Exposition der Beschäftigten lag zwischen 988 und 2114 mg Aceton/m³ Luft. Der Fokus der Untersuchung lag auf Effekten von Aceton auf das zentrale und das periphere Nervensystem. Insgesamt berichteten die Autoren über Unterschiede zwischen Exponierten und Kontrollen hinsichtlich irritativer Symptome, Magen-Darm-Beschwerden und rheumatischer Beschwerden. Signifikante Unterschiede wurden für die Nervenleitgeschwindigkeit motorischer Nerven und die visuelle Wahrnehmung berichtet. Obwohl diese Ergebnisse ein neurotoxisches Potenzial von Aceton vermuten lassen, sind einige methodische Punkte an der Arbeit kritisiert worden, so z. B. dass die Symptomerfassung nicht verblindet durchgeführt wurde, dass keine Dosis-Wirkungs-Beziehung abgeleitet werden konnte und dass es sich bei dem untersuchten Unternehmen um eine Münz- und Metallfabrik handelte, bei dem auch andere Expositionen nicht ausgeschlossen werden konnten. Angesichts dieser Einschränkungen kann diese Studie nicht zur Ableitung eines BAT-Wertes auf Basis einer Dosis-Wirkungs-Beziehung verwendet werden.

Ma et al. (2019) untersuchten die Aceton-Exposition von Besitzern und Beschäftigten in Nagelstudios und berichteten über Aceton-Konzentrationen zwischen 3 und 58 ml/m³ Luft. Daneben erfragten sie gesundheitliche Effekte bei den Teilnehmenden, wie irritative Effekte und Probleme in der Schwangerschaft (Fehlgeburten). Hier wurden Hinweise

auf eine Erhöhung der Fehlgeburtenrate bei Beschäftigten mit Aceton-Exposition gefunden. Da es bei der Studie aber eher um den Zugang zu einer für präventive Maßnahmen schwer zu erreichenden Beschäftigtengruppe ging, lag der Fokus dieser Studie nicht auf Dosis-Wirkungs-Beziehungen, so dass auch in diesem Fall eine Heranziehung der Studie für die Ableitung eines BAT-Wertes nicht sinnvoll ist.

Daneben hatte eine Übersichtsarbeit von Arts et al. (2002) zum Ziel, die große Divergenz der in der Literatur berichteten Schwellenkonzentrationen für irritative Effekte bei inhalativer Aceton-Exposition zu untersuchen. Die Autoren berichten, dass die systematisch recherchierten Studien zeigen, dass die Riechschwelle von Aceton zwischen 20 und 400 ml/m³ liegt, während die Schwelle für sensorische Irritation eher im Bereich zwischen 10 000 und 40 000 ml/m³ zu liegen scheint. Auch treten bei beruflich exponierten Kollektiven wahrscheinlich Gewöhnungseffekte auf, die die große Heterogenität zwischen den Berichten erklären könnten. Insgesamt gesehen trägt diese Analyse nicht dazu bei, dass ein BAT-Wert anhand eines Belastungs-Beanspruchungs-Zusammenhangs abgeleitet werden könnte.

Beziehungen zwischen externer und interner Exposition

Damit basiert die Reevaluierung eines BAT-Wertes weiterhin auf dem gemessenen Zusammenhang zwischen der inhalativen Aceton-Exposition am Arbeitsplatz und der Aceton-Ausscheidung im Urin. Seit der letzten Evaluierung eines BAT-Wertes wurden keine bewertungsrelevanten neuen Studien zu laborexperimentellen oder beruflichen Analysen identifiziert, die zu neuen Erkenntnissen führen. Demgegenüber liegen für die aktuelle Bewertung einige Informationen über die Rhône-Poulenc Rhodia AG, die für die damalige Ableitung des BAT-Wertes mitberücksichtigt wurden, nicht vor, so dass sie in der nachfolgenden Zusammenstellung nicht mehr aufgeführt werden.

In [Tabelle 1](#) sind die Studien gelistet, die in die Überlegungen zur Ableitung des BAT-Wertes einbezogen wurden. Für viele Studien wurden die Aceton-Konzentrationen im Urin zu einer Aceton-Exposition in Höhe des MAK-Wertes von 500 ml/m³ aus linearen Regressionsgleichungen abgeleitet, da nur bei einigen Studien personenbezogene Aceton-Expositionen in der Atemluft der Beschäftigten am Arbeitsplatz in der genannten Höhe gemessen wurden.

Tab. 1 Studien zur Evaluation eines BAT-Wertes (experimentelle Studien und Feldstudien)

Exposition	Personen	Aceton in der Luft [ml/m ³]	Aceton im Urin [mg/l]		Literatur
			bei 500 ml/m ³ a)		
Experimentelle Studien					
Expositionslabor	12	550	8,5		Wigaeus et al. 1981
Expositionslabor	15	23–210 (56–500 mg/m ³)	1,7–5,5 20–160 µmol/l		Pezzagno et al. 1986
Expositionslabor	6	100–400	29		Satoh et al. 1990
Expositionslabor	16	950 (AM)	43		Blaszkevicz et al. 1991
Feldstudien					
Tätigkeit in Kunststoffboot-, Chemie-, Kunststoffknopf-, Farb- und Schuhfabriken	104	10–300	< 35	39	Ghittori et al. 1987; Pezzagno et al. 1986
Acetatfaserproduktion	30	549–653	62	53	Grampella et al. 1987 zitiert nach ACCAP 2003
	30	948–1048	93	47	
Fabrik für faserverstärkte Kunststoffe	28	0,1–45,4	200		Kawai et al. 1990
			364 (MW) ^{b)} 19,6–1018	37,8 (MW) ^{b)} 0,75–170	
Produktion von Badewannen mit faserverstärktem Kunststoff	45	1–70	0,1–17,5	133	Kawai et al. 1992

Tab. 1 (Fortsetzung)

Exposition	Personen	Aceton in der Luft [ml/m ³]	Aceton im Urin [mg/l]		Literatur
			bei 500 ml/m ³ a)		
Arbeit mit faserverstärkten Kunststoffen	41	1-165	1-55	104	Mizunuma et al. 1993
Produktion von Kunststoffen	22	336	22	33	Wang et al. 1994

AM: arithmetisches Mittel; MW: Mittelwert

a) aus Regressionsgleichung errechnet

b) Werte am Ende der Arbeitsschicht (Sato et al. 1996)

c) berechnet über die Regressionsgleichung y [mg/l] = $0,10x$ [ml/m³] + 1,61 (Fujino et al. 1992)

Reevaluierung des BAT-Wertes

Verschiedene Studien (u. a. Kumagai und Matsunaga 1995; Wigaeus et al. 1981) legen nahe, dass bei der Betrachtung von Korrelationen zwischen inhalativer Aceton-Exposition am Arbeitsplatz und Aceton-Konzentration im Urin verschiedene Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören u. a. die Schwere der körperlichen Arbeit, die Dauer der Exposition, der Probenahmezeitpunkt, Expositionen gegen andere Stoffe (z. B. Styrol) sowie die generelle Höhe der inhalativen Aceton-Exposition. Diese Faktoren könnten der Grund für den vermuteten nichtlinearen Zusammenhang zwischen äußerer und innerer Konzentration sein, obwohl in fast allen Studien dem Zusammenhang eine lineare Regressionsgleichung zugrunde gelegt wurde.

Aus den vorliegenden Arbeiten ergibt sich ein Bereich der Aceton-Werte im Urin, der sich (abgeleitet) bei dem derzeit gültigen MAK-Wert für Aceton von 500 ml/m³ zwischen 40 und 200 mg Aceton/l Urin bewegt. Dabei zeigte das Studienkollektiv, dessen Arbeitsplatz-Konzentrationen den MAK-Wert von 500 ml/m³ einschließen (Fujino et al. 1992; Sato et al. 1995, 1996), im Mittel einen Wert von etwa 50 mg Aceton/l Urin. Auch wurden hier in den Untersuchungsmethoden – im Vergleich zu den experimentellen Arbeiten – normalerweise längere Expositionszeiten (ca. 8 Stunden) zugrunde gelegt und es ist davon auszugehen, dass ein möglicher Gewöhnungseffekt der Beschäftigten (aufgrund ihrer beruflichen Expositionsdauer von meist mehreren Jahren) sowie eine wahrscheinlich mittlere körperliche Belastung am Arbeitsplatz bei den Messungen mit abgebildet wurden. Es wird daher vom Mittelwert

ein BAT-Wert von 50 mg Aceton/l Urin

abgeleitet. Die Probenahme sollte am Expositionsende bzw. Schichtende erfolgen.

Fruchtschädigende Wirkung

Für Aceton kann eine fruchtschädigende Wirkung bei Exposition in Höhe des MAK-Wertes von 500 ml/m³ (1200 mg/m³) nicht ausgeschlossen werden. Auf Basis der jetzt aufgestellten Korrelation ist auch bei Einhaltung des BAT-Wertes von 50 mg Aceton/l Urin eine Gefährdung der Schwangerschaft nicht auszuschließen (Schwangerschaftsgruppe B). In der MAK-Begründung (Hartwig 2013) wird aber mit Blick auf die Voraussetzung für Schwangerschaftsgruppe C festgestellt, dass – ausgehend von der NOAEC für Entwicklungstoxizität von 2200 ml Aceton/m³ – bei einer Exposition in Höhe von etwa 200 ml Aceton/m³ (480 mg/m³) oder weniger eine fruchtschädigende Wirkung von Aceton nicht anzunehmen ist (Hartwig 2013). Dieser Luftkonzentration entspricht eine Acetonausscheidung im Urin von 20 mg/l in der Nachschichtprobe. Bei dieser Konzentration im Urin ist daher keine fruchtschädigende Wirkung zu erwarten.

Hintergrundbelastung

Die Ausscheidung von Aceton im Urin hängt von verschiedenen physiologischen Faktoren ab, die nichts mit inhalativ aufgenommenem Aceton zu tun haben (z. B. spielen Krankheiten wie Diabetes oder auch Ernährungsgewohnheiten (Fasten) eine Rolle). In Extremfällen können Messergebnisse für Aceton im Urin erzielt werden, die in der Nähe des BAT-Wertes liegen können.

Daneben ist auch eine (außerberufliche) Aceton-Belastung durch die Nutzung von Haushaltsprodukten (z.B. Nagellackentferner, Farben etc.) vorstellbar, die zu einer Falschinterpretation von Messwerten führen kann.

In jedem Fall gehört also zur Bewertung eines Biomonitoring-Ergebnisses von Aceton im Urin der vorherige (klinische) Ausschluss konkurrierender bzw. verzerrender Einflussfaktoren. Dabei ist auch eine konkurrierende Belastung durch 2-Propanol zu berücksichtigen, die das Messergebnis ebenfalls beeinflussen kann.

Auch ohne externe Exposition kann bei unbelasteten „Normalpersonen“ der physiologische Metabolit Aceton im Urin nachgewiesen werden. Um die zu erwartende Höhe dieser Messergebnisse einschätzen zu können, sind vorliegende Studienergebnisse zu Aceton-Konzentrationen im Urin in diesen nicht-exponierten Kollektiven in [Tabelle 2](#) aufgeführt.

Tab. 2 Aceton-Konzentrationen im Urin von beruflich nicht belasteten Personen

Personen	Aceton im Urin [mg/l]		Literatur
	MW \pm SD (Bereich)	95. Perzentil	
8	1,4 \pm 1,1 mg/kg		Wigaeus et al. 1981
15	0,76 \pm 0,63		Pezzagno et al. 1986
343	0,29 \pm 0,65	1,51	Kawai et al. 1992
49	0,84 \pm 1,5 (0,127–9,35)	2,206	Brugnone et al. 1994; Wang et al. 1994
66	1,3 \pm 2,4 (<NWG–14,1)		Satoh et al. 1995
207	1,12 \pm 0,47 (95-%-KI 0,20–1,95)	2,2	de Oliveira und Pereira Bastos de Siqueira 2004

95-%-KI: 95-%-Konfidenzintervall; MW: Mittelwert; NWG: Nachweisgrenze; SD: Standardabweichung

Evaluierung eines BAR

In den Studien mit Angaben zum 95. Perzentil für die Konzentrationen von Aceton im Urin nicht beruflich exponierter Personen liegt dieses im Bereich von 1,5 bis 2,2 mg Aceton/l Urin. Es ist davon auszugehen, dass bei gesunden, nicht-fastenden, beruflich und privat nicht gegenüber Aceton exponierten Personen nicht mehr als 2,5 mg Aceton/l Urin nachweisbar sind. Daher wird ein

BAR von 2,5 mg Aceton/l Urin

abgeleitet.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind persönliche Einflussfaktoren wie die gesundheitliche Situation und das Ernährungsverhalten der zu Untersuchenden von großer Bedeutung.

Interpretation

Der BAT-Wert und der BAR beziehen sich auf normal konzentrierten Urin, bei dem der Kreatiningehalt zwischen 0,3 und 3,0 g/l Urin liegen sollte. In der Regel empfiehlt sich bei Urinproben außerhalb der oben genannten Grenzen die Wiederholung der Messung beim normal hydrierten Probanden (Bader und Ochsmann 2010).

Anmerkungen

Interessenkonflikte

Die in der Kommission etablierten Regelungen und Maßnahmen zur Vermeidung von Interessenkonflikten (www.dfg.de/mak/interessenkonflikte) stellen sicher, dass die Inhalte und Schlussfolgerungen der Publikation ausschließlich wissenschaftliche Aspekte berücksichtigen.

Literatur

- ACCAP (American Chemistry Council Acetone Panel) (2003) Acetone (CAS No. 67-64-1). VCCEP (Voluntary Children's Chemical Evaluation Program) submission. Cincinnati, OH: ACCAP. <https://www.tera.org/Peer/VCCEP/Acetone/acevcecp.pdf>, abgerufen am 23 Nov 2021
- Arts JHE, Mojet J, Gemert LJ van, Emmen HH, Lammers JHCM, Marquart J, Woutersen RA, Feron VJ (2002) An analysis of human response to the irritancy of acetone vapors. *Crit Rev Toxicol* 32(1): 43–66. <https://doi.org/10.1080/20024091064174>
- Bader M, Ochsmann E (2010) Addendum zu Kreatinin als Bezugsgröße für Stoffkonzentrationen im Urin. In: Drexler H, Hartwig A, Hrsg. Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte), Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA), Biologische Leitwerte (BLW) und Biologische Arbeitsstoff-Referenzwerte (BAR). 17. Lieferung. Weinheim: Wiley-VCH. Auch erhältlich unter <https://doi.org/10.1002/3527600418.bbgeneral05d0017>
- Blaszkwicz M, Golka K, Vangala R, Kiesswetter E (1991) Biologische Überwachung bei Aceton- und Ethylacetatexposition unter simulierten MAK-Bedingungen. In: Schäcke G, Ruppe K, Vogel-Sühlig C, Hrsg. 31. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM). Stuttgart: Gentner Verlag. S. 141
- Brugnone F, Perbellini L, Giuliani C, Cerpelloni M, Soave M (1994) Blood and urine concentrations of chemical pollutants in the general population. *Med Lav* 85(5): 370–389
- Fujino A, Satoh T, Takebayashi T, Nakashima H, Sakurai H, Higashi T, Matumura H, Minaguchi H, Kawai T (1992) Biological monitoring of workers exposed to acetone in acetate fibre plants. *Br J Ind Med* 49(9): 654–657. <https://doi.org/10.1136/oem.49.9.654>
- Ghittori S, Imbriani M, Pezzagno G, Capodaglio E (1987) The urinary concentration of solvents as a biological indicator of exposure: proposal for the biological equivalent exposure limit for nine solvents. *Am Ind Hyg Assoc J* 48(9): 786–790. <https://doi.org/10.1080/15298668791385570>
- Greim H, Hrsg (1993) Aceton. In: Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe, Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. 19. Lieferung. Weinheim: VCH. Auch erhältlich unter <https://doi.org/10.1002/3527600418.mb6764d0019>
- Hartwig A, Hrsg (2013) Aceton. In: Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe, Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. 55. Lieferung. Weinheim: Wiley-VCH. Auch erhältlich unter <https://doi.org/10.1002/3527600418.mb6764d0055>
- Kawai T, Yasugi T, Uchida Y, Iwami O, Ikeda M (1990) Urinary excretion of unmetabolized acetone as an indicator of occupational exposure to acetone. *Int Arch Occup Environ Health* 62(2): 165–169. <https://doi.org/10.1007/BF00383593>
- Kawai T, Yasugi T, Mizunuma K, Horiguchi S, Iguchi H, Ikeda M (1992) Curvi-linear relation between acetone in breathing zone air and acetone in urine among workers exposed to acetone vapor. *Toxicol Lett* 62(1): 85–91. [https://doi.org/10.1016/0378-4274\(92\)90081-t](https://doi.org/10.1016/0378-4274(92)90081-t)
- Kumagai S, Matsunaga I (1995) Physiologically based pharmacokinetic model for acetone. *Occup Environ Med* 52(5): 344–352. <https://doi.org/10.1136/oem.52.5.344>
- Ma GX, Wei Z, Husni R, Do P, Zhou K, Rhee J, Tan Y, Navder K, Yeh M-C (2019) Characterizing occupational health risks and chemical exposures among Asian nail salon workers on the east coast of the United States. *J Community Health* 44(6): 1168–1179. <https://doi.org/10.1007/s10900-019-00702-0>
- Mitran E, Callender T, Orha B, Dragnea P, Botezatu G (1997) Neurotoxicity associated with occupational exposure to acetone, methyl ethyl ketone, and cyclohexanone. *Environ Res* 73(1–2): 181–188. <https://doi.org/10.1006/enrs.1997.3703>
- Mizunuma K, Yasugi T, Kawai T, Horiguchi S, Ikeda M (1993) Exposure-excretion relationship of styrene and acetone in factory workers: a comparison of a lipophilic solvent and a hydrophilic solvent. *Arch Environ Contam Toxicol* 25(1): 129–133. <https://doi.org/10.1007/BF00230723>
- de Oliveira DP, Pereira Bastos de Siqueira ME (2004) Reference values of urinary acetone in a Brazilian population and influence of gender, age, smoking and drinking. *Med Lav* 95(1): 32–38
- Pezzagno G, Imbriani M, Ghittori S, Capodaglio E, Huang J (1986) Urinary elimination of acetone in experimental and occupational exposure. *Scand J Work Environ Health* 12(6): 603–608. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2096>
- Satoh T, Omae K, Sakurai H, Nakashima H, Tagebayashi T, Kawai T, Higashi T (1990) Involvement of pulmonary ventilation in the determination of exposure to acetone: relationship to urinary excretion of acetone. In: 23rd International Congress on Occupational Health. Montreal: ICOH. <http://repository.icohweb.org/involvement-of-pulmonary-ventilation-in-the-determination-of-exposure-to-acetone-relationship-to-urinary-excretion-of-acetone>, abgerufen am 17 Jan 2022
- Satoh T, Omae K, Takebayashi T, Nakashima H, Higashi T, Sakurai H (1995) Acetone excretion into urine of workers exposed to acetone in acetate fiber plants. *Int Arch Occup Environ Health* 67(2): 131–134. <https://doi.org/10.1007/BF00572237>
- Satoh T, Omae K, Nakashima H, Takebayashi T, Matsumura H, Kawai T, Nakaza M, Sakurai H (1996) Relationship between acetone exposure concentration and health effects in acetate fiber plant workers. *Int Arch Occup Environ Health* 68(3): 147–153. <https://doi.org/10.1007/BF00381623>
- Schaller KH, Triebig G (1996 a) Aceton. In: Lehnert G, Greim H, Hrsg. Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte) und Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA). 8. Lieferung. Weinheim: VCH. Auch erhältlich unter <https://doi.org/10.1002/3527600418.bb6764d0008>

- Schaller KH, Triebig G (1996 b) Addendum zu Aceton. In: Lehnert G, Greim H, Hrsg. Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte) und Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA). 8. Lieferung. Weinheim: VCH. Auch erhältlich unter <https://doi.org/10.1002/3527600418.bb6764d0008b.pub2>
- Wang G, Maranelli G, Perbellini L, Raineri E, Brugnone F (1994) Blood acetone concentration in „normal people“ and in exposed workers 16 h after the end of the workshift. *Int Arch Occup Environ Health* 65(5): 285–289. <https://doi.org/10.1007/BF00405690>
- Wigaeus E, Holm S, Astrand I (1981) Exposure to acetone. Uptake and elimination in man. *Scand J Work Environ Health* 7(2): 84–94. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2561>