

Sulfamethoxazol

Synonyme, Abkürzungen:

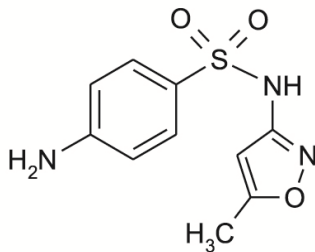
4-Amino-N-(5-methyl-1,2-oxazol-3-yl)benzensulfonamid, N-(5-Methyl-3-isoxazolyl)sulfanilamid, 3-(p-Aminophenylsulfonamido)-5-methylisoxazol, 3-(4-Aminophenylsulfonamido)-5-methylisoxazol, Abacin

CA-Bezeichnung:

Benzenesulfonamide, 4-Amino-N-(5-methyl-1,2-oxazol-3-yl)-

Summenformel:

$C_{10}H_{11}N_3O_3S$

Strukturformel:**CAS-Nummer:**

723-46-6

EINECS-Nummer:

211-963-3

RTECS-Nummer:

WP 0700000

Molare Masse:

253,28 g/mol

Aggregatzustand bei 25 °C:

fest (kristallin [2, 11])

Farbe:

weiß [11], farblos [11], gelb-weiß [11]

Geruch, Geschmack:

geruchlos [11]

Geschmack bitter [11]

Umrechnungsfaktor Luft:

bei 20 °C und 1013 hPa: 1 ppmv = 10,53 mg/m³

EMISSIONSQUELLEN UND EMITTIERTE MENGEN

Jährliche Produktionsmenge (weltweit):

ca. 1999: 2000 t/a (geschätzt)

Jährliche Produktionsmenge (Deutschland):

1985: weniger als 1000 t/a [7]

1999: Verbrauch im Humansektor 58 t/a [26]; Verbrauch in Kliniken ca. 48 t/a [15]

2001: Verbrauch im Humansektor 54 t/a [14, 26, 28]

2002: Verbrauch im Humansektor 45 t/a [10]

2006: Verbrauch im Humansektor 40 t/a [10]

2007: Verbrauch im Humansektor 39 t/a [10]

2008: Verbrauch im Humansektor 37 t/a [10]

2009: Verbrauch im Humansektor 35 t/a [10]

1996-2001: Verbrauch im Humansektor 54 t/a [33]

Jährliche Produktionsmenge (Europäische Union):

EU (ca. 1999): Produktion oder Import 10-1000 t/a [6]

Großbritannien:

2004: Verbrauch im Humansektor 3,1 t/a [29]

Schweiz (2000 und 2004): Verbrauch im Humansektor 2,3 t/a [33]

Frankreich

2002-2008: Verbrauch im Humansektor 17,5 t/a [33]

2004: Verbrauch im Humansektor 17 t/a [29]

Spanien (2003): Verbrauch im Humansektor 13 t/a [29]

Jährliche Produktionsmenge (andere Länder):

USA (1991): > 2,3 t/a [11]

Verwendung:

Antibiotikum

Humanarzneimittel (Sulfonamid) gegen Harnwegsinfektionen, Infektionen der oberen und unteren Luftwege und im Hals-Nasen-Ohren-Bereich [8]

Veterinär-Arzneimittel gegen Infektionen der Atemwege, des Verdauungstraktes und des Urogenitalsystems bei Kühen, Kälbern, Schweinen, Hunden und Katzen [8]

Sonstige Quellen und Emissionen, Emissionsfaktoren:

Konzentration in Gülle (NRW, D, 2009): < 1,0 µg/kg TS (n=34) [5]

Konzentration in Gärresten von Biogasanlagen (NRW, D, 2009): < 1,0-160 µg/kg TS (n=3 von 35) [5]

menschliche Ausscheidung in Faeces und Urin 20 % der konsumierten Menge [33]; 10-30 % [29]; 6-39 % [29]

Nicht-anthropogene Quellen:

wenig wahrscheinlich

DATEN ZUR MOBILITÄT

Wasserlöslichkeit:

bei 37 °C: 0,61 g/L [2, 11, 18, 29]

Dampfdruck:

bei 25 °C: $9,2 \cdot 10^{-6}$ Pa [11, 19]

Siedepunkt bei 1013 hPa:

414 °C (berechnet) [18]

Henry-Koeffizient $H = c(\text{Luft})/c(\text{Wasser})$:

bei 25 °C: $H = 1,6 \cdot 10^{-9}$ (berechnet), d. h. nicht flüchtig aus Wasser

Angaben zur Adsorbierbarkeit:

Boden/Sediment: $K_{oc} = 530$ L/kg [16]

Schmelzpunkt:

169 °C [22]

DATEN ZUR PERSISTENZ

Reaktion mit OH-Radikalen:

in Luft: k_{OH} (298 K) = $200 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ (berechnet) [11, 18], entsprechend einer mittleren Halbwertszeit ($[OH] = 5 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$) von 1,9 Stunden

Photolyse:

direkte Photolyse in dest. Wasser (pH=5,5): $\Phi = 0,0043$ (Lampenlicht) [11]; Halbwertszeiten bei 40° N Frühjahr 0,5 d, Sommer 0,2 d, Herbst 0,6 d und Winter 1,5 d [11]

Hydrolyse:

Labortests im Dunkeln: nicht relevant [11]

Aerober Abbau in Kläranlagen:

OECD-Closed-Bottle-Test mit Inokulum einer an Klinikabwässer adaptierten kommunalen Kläranlage: in 28 und in 40 Tagen 0 % des theoretischen Sauerstoffbedarfs [11, 13, 16]

OECD-Closed-Bottle-Test mit Inokulum aus kommunaler Kläranlage in 14 Tagen 2 %, in 28 Tagen 4 % des theoretischen Sauerstoffbedarfs [11, 16]

Respirometer: EC_{50} (Hemmung der Atmung) = 260 mg/L [16]

4 Kläranlagen (BW, D, 2006-2010): stark schwankende Eliminationsraten 2-56 % [8]

in Kläranlagen mit Belebtschlamm durchschnittliche Reinigungsleistung ca. 60 % (n=6) [25]; 59 % [33]

Abbau in oberirdischen Gewässern:

In aquatischem Mikrokosmos (außen) bei 0,31 bis 182 µg/L Halbwertszeiten 17,5-20 Tage durch Photoabbau [11]

DATEN ZUR AKKUMULIERBARKEIT

Verteilungskoeffizient n-Octanol/Wasser ($\log P_{ow}$):

0,89 [11, 18]

ANGABEN ZUR DIREKTEN SCHADWIRKUNG

Kanzerogenität:

begrenzte Hinweise auf Krebs erzeugende Wirkung in Labortieren [11]
IARC (2001): Gruppe 3 (nicht klassifizierbar hinsichtlich der Karzinogenität am Menschen [11])

Akute Toxizität bei Mensch und Säugetier:

oral:

Ratte: LD₅₀ = 6400 mg/kg KG [11]
Maus: LD₅₀ = 2700 mg/kg KG [11]; LD₅₀ = 3700 mg/kg KG [11]

Subakute, subchronische und chronische Toxizität bei Mensch und Säugetier:

Mensch:

Die Nebenwirkungen von Sulfamethoxazol entsprechen denen der Sulfonamide, wobei Hautprobleme am häufigsten auftreten. Hautreaktionen verschiedener Art, meistens Exantheme, werden bei 2-3 Prozent der Behandelten beobachtet. Gefährlich sind das Blutbild betreffende Nebenwirkungen, die alle Zellreihen betreffen können: Leukopenie, Anämie und Thrombozytopenie sind möglich. Durch Nebenwirkungen am zentralen Nervensystem kann es zu Ataxie oder Krämpfen, Psychosen und Depressionen kommen. Häufiger sind Übelkeit und Erbrechen, Appetitlosigkeit und Durchfall. Eine Leberbeteiligung kann zum Transaminasen-Anstieg und eine Nierenbeteiligung zum Kreatinin-Anstieg führen [2].

Retention:

Mensch: unveränderte Ausscheidung 60-90 % der verabreichten Dosis [13]

Toxizität gegenüber Wassertieren:

Zebrabärbling (*Danio rerio*):

EC₅₀ (akut) > 1000 mg/L [16];
NOEC (10 d; Reproduktion) > 8 mg/L [14];
NOEC (21 d, semistat.; Reproduktion u. a.) = 0,53 mg/L (nominal) [1]

Dickkopfelritze (Fathead Minnow, *Pimephales promelas*): LC₅₀ (96 h) = 890 mg/L [12]

Goldfisch (*Carassius auratus*):

EC₀ (7 d, semistat.; Superoxid-Dismutase-Enzymaktivität) = 0,016 mg/L (nominal) [1]
japan. Reisfisch (*Oryzias latipes*): LC₅₀ (96 h, semistat.) = 560 mg/L (nominal) [1]

Wasserfloh (*Daphnia magna*):

EC₅₀ (akut) = 25 mg/L [16];
EC₅₀ (48 h; Immobilisierung) = 123 mg/L (nominal) [1]

Wasserfloh (*Ceriodaphnia dubia*):

EC₅₀ (24 h, stat.; Immobilisierung) = 15,5 mg/L (nominal) [1];
EC₅₀ (48 h; Immobilisierung) = 15,5 mg/L [11, 16];
EC₅₀ (48 h, semistat.; Abundanz) = 0,21 mg/L (nominal) [1];
EC₅₀ (akut) > 100 mg/L [16];
NOEC (7 d; Reproduktion) = 0,2 mg/L [14];
EC₅₀ (7 d; Reproduktion) = 0,21 mg/L [12, 16];
NOEC/EC₁₀ (chronisch) = 0,25 mg/L [16, 32]

Japanischer Wasserfloh (*Moina macrocopa*): EC₅₀ (48 h; Immobilisierung) = 70 mg/L (nominal) [1]

Wappen-Rädertier (*Brachionus calyciflorus*):

EC₅₀ (akut) = 26 mg/L [16];
EC₅₀ (48 h, stat.; Abundanz) = 9,6 mg/L [1, 16]
NOEC (chronisch) = 25 mg/L [32]

Gemeiner Süßwasserpolyp (*Hydra vulgaris*):

NOEC (96 h, stat.; Morphologie, Anomalien) = 5,0 mg/L [1];
LC₅₀ (96 h, stat.) > 100 mg/L [1]

Toxizität gegenüber Amphibien:

Krallenfrosch (*Xenopus laevis*):

EC₅₀ (96 h, semistat.; Missbildungen) > 100 mg/L (nominal) [1];
NOEC (96 h, semistat.; Länge) > 100 mg/L (nominal) [1]

Toxizität gegenüber Mikroorganismen:

Bakterien (*Pseudomonas putida*):

EC₅₀ (Hemmung des Zellwachstums) = 260 mg/L [12, 13];

EC₉₀ (Hemmung des Zellwachstums) = 198 mg/L [12]

Bakterien (*Streptococcus faecalis*): EC₉₀ (Hemmung des Wachstums) > 800 mg/L [12]

pathogene Bakterien: EC₅₀ (Hemmung des Zellwachstums) = 0,002- >260 mg/L [13]

Cyanobakterien (Blaualgen, *Synechococcus leopoldensis*):

EC₅₀ (96 h; Hemmung des Wachstums) = 0,027 mg/L [1, 16];

NOEC (chronisch) = 0,0059 mg/L [16, 32]

Belebtschlamm: EC₉₀ (Hemmung des Wachstums) > 100 mg/L [12]

Toxizität gegenüber Pflanzen:

Grünalge (*Pseudokirchneriella subcapitata*):

EC₅₀ (akut) = 0,146 mg/L [16];

EC₅₀ (akut) = 0,57 mg/L [16];

EC₅₀ (72 h, stat.; Abundanz) = 0,52 mg/L (nominal) [1, 12];

EC₅₀ (72 h, stat.; Hemmung der Wachstumsrate) = 1,53 mg/L (nominal) [1];

EC₅₀ (72 h, stat.; Biomasse) = 1,90 mg/L (nominal) [1];

NOEC (72 h, stat.; Biomasse) < 0,50 mg/L (nominal) [1];

NOEC (72 h, stat.; Hemmung der Wachstumsrate) = 0,61 mg/L (nominal) [1, 12];

NOEC (96 h; Carotinoide) = 0,50 mg/L (nominal) [1];

NOEC (96 h; Chlorophyll A) = 1,00 mg/L (nominal) [1];

NOEC (96 h; Chlorophyll B) = 1,50 mg/L (nominal) [1];

NOEC (96 h; Coproporphyrinogen III, delta-Aminolevulinäure, Protochlorophyllid, Uroporphyrinogen III, Porphobilinogen, Mg-Protoporphyrin IX, Protoporphyrin IX) = 2,5 mg/L (nominal) [1];

NOEC (chronisch) = 0,09 mg/L [16, 32]

Kieselalge (*Cyclotella meneghiniana*):

EC₅₀ (akut) = 2,4 mg/L [16];

NOEC (chronisch) = 1,25 mg/L [16, 32]

Bucklige Wasserlinse (*Lemna gibba*):

NOEC (7 d, semistat.; Gewicht) = 9,4 µg/L (gemessen) [1];

NOEC (7 d, semistat.; Hemmung des Wachstums, Zahl der Blätter) = 10 µg/L (nominal) [1, 12];

EC₁₀ (7 d, semistat.; Hemmung des Wachstums, Zahl der Blätter) = 11,0 µg/L (nominal) [1, 12, 32];

EC₁₀ (7 d, semistat.; Biomasse) = 17,0 µg/L (gemessen) [1, 12];

EC₁₀ (7 d, semistat.; Chlorophyll) = 36 µg/L (gemessen) [1, 12];

EC₅₀ (7 d, semistat.; Biomasse) = 81 µg/L (nominal) [1, 12];

EC₅₀ (7 d, semistat.; Hemmung des Wachstums, Zahl der Blätter) = 250 µg/L (nominal) [1, 12]

ANGABEN ZUR INDIRECTEN SCHADWIRKUNG**Dissoziationskonstante (pK_a-Wert):**

pK_a (1) = -1,6 [11]

pK_a (2) = 5,6 [23] (unter Umweltbedingungen teilweise als Anion [11])

Toxische Verunreinigungen, Transformationsprodukte:

Verunreinigungen [11]: N-[4-[(5-Ethylisoxazol-3-yl)sulfamoyl]phenyl]acetamid;

4-[[[4-Aminophenylsulfonyl]amino]-N-(5-methylisoxazol-3-yl)]benzenesulfonamid; 5-Methylisoxazol-3-amin;

4-Aminobenzolsulfonsäure; 4-Aminobenzolsulfonamid; 4-Amino-N-(3-methylisoxazol-5-yl)benzolsulfonamid

durch Photoabbau in Oberflächenwasser Bildung von 4-Amino-N-(5-methyl-2-oxazolyl)benzolsulfonamid mit

weiterem Photoabbau [11]

KLASSIFIZIERUNGEN, RICHT- UND GRENZWERTE

Wasser:

D (2013): Wassergefährdungsklasse nicht festgelegt [20]

D (2013): Trinkwasser-Leitwert 35 µg/L [3]

D (2011): Umweltqualitätsnorm zur Einstufung des ökologischen Zustandes oberirdischer Gewässer 0,1 µg/L (im Bundesrat nicht verabschiedet wegen Sicherheitsfaktor 50) [9]

N (2007): Predicted No Effect Concentration (PNEC) 0,118 µg/L [16, 17]

Luft:

D (2013): Arbeitsplatzgrenzwert (MAK-Wert) nicht aufgestellt [21, 27]

VORKOMMEN IN DER UMWELT

Wasser:

a) Abwasser

Kläranlagen (BW, D, 2006-2010): Zuläufe Mittelwert ca. 0,5 µg/L (n=4 Anlagen) [8]

Krankenhaus-Abwasser (D, ca. 1998): theoretische mittlere Konzentration 1-140 µg/L [13]

kommun. Abwasser (D, ca. 1998): theoretische mittlere Konzentration 12 µg/L [13]

Kläranlagen (D, 1996-98): Abläufe max. 2,0 µg/L, Median 0,40 µg/L [11]

Kläranlagen (CH, vor 2012): Abläufe Mittelwert 1,2 µg/L [8]

Kläranlagen (Region Lyon, F, ca. 2002): Abläufe max. 0,07-0,09 µg/L [11]

Kläranlage (GR, ca. 2001): Ablauf 0,09 µg/L [11]

Kläranlage (S, ca. 2001): Ablauf 0,02 µg/L [11]

Kläranlagen (IT, ca. 2001): Abläufe max. 0,03 µg/L [11]

8 Kläranlagen (Kanada, 2002): Abläufe max. 0,87 µg/L, Median 0,24 µg/L [11]

Kläranlagen (vor 2009):

Zuläufe <20-1250 ng/L, Mittelwert 340 ng/L, Median 157 ng/L (n=7 von 10) [25]

Abläufe <18-320 ng/L, Mittelwert 115 ng/L, Median 70 ng/L (n=7 von 11) [25]

Kläranlagen (Südkorea, 2004/2005): Abläufe <1,0-410 ng/L, Mittelwert 136 ng/L (n=4 von 7) [35]

Kläranlagen (Seoul, Korea, 2005):

Zulauf Mittelwert 520 ng/L (n= je 3 in 4 Anlagen) [30]

Ablauf Mittelwert 193 ng/L (n= je 3 in 4 Anlagen) [30]

Sickerwasser Hausmülldeponie (Oklahoma, OK, USA, 2000): < 0,023 µg/L [11]

b) Fließgewässer

Rhein (2002-2008): max. 110 ng/L, Mittelwert 28 ng/L, Median 30 ng/L (n=110) [33]; max. 160 ng/L, Mittelwert 40 ng/L [33]

Rhein (Lobith, NL, 2002-2008): Mittelwert 36 ng/L [33]

Fracht Rhein (Lobith, n=46):

2002: 2,2 t/a [33]

2004: 2,5 t/a [33]

2005: 3,0 t/a [33]

2006: 2,3 t/a [33]

vor 2008: 2,7 t/a [33]

Mittelwert 2002-2008: 2,5 t/a [33]

Trend 2002-2008 jährlich -10 % [33]

Körsch (Stuttgart, D, 2006-2009): Jahresmittelwerte 150, 170, 180 und 230 ng/L (n=4) [8]; Fracht 23 kg/a [8]

Rhein, Donau, Neckar (BW, D, 2006-2009): Jahresmittelwerte <25-110 ng/L (n=2 von 5) [8]; Fracht Neckar 554 kg/a [8]

Main (BY, D, 2009):

April 2009: 34-61 ng/L (n=4) [3]

September 2009: 51-70 ng/L (n=3) [3]

Regnitz (BY, D, 2009):

April 2009: 72 und 110 ng/L (n=2) [3]

September 2009: 75 und 100 ng/L (n=2) [3]

Fränkische Rezat (BY, D, 2009):

April 2009: 90 ng/L (n=1) [3]

September 2009: 150 und 190 ng/L (n=2) [3]

Argen (BW, D, 1987-2007): max. 5 ng/L [31]

Schussen (BW, D, 1987-2007): max. 200 ng/L [24, 31]

Seefeldler Aach (BW, D, 1987-2007): max. 30 ng/L [31]

Bäche (USA, 1999-2000): <50-1900 ng/L, Median 150 ng/L (n=104 von 139) [11]; <23-520 ng/L, Median 66 ng/L (andere Methode; n=84 von 139) [11]

Han-Fluss (Seoul, Korea, 2005): Mittelwert 27 ng/L (n=?) [30]

Han-Fluss, Nakdong und Youngsan (Südkorea, 2004/2005): <1,0-36 ng/L, Mittelwert 20 ng/L (n=5 von 8) [35]

c) Binnenseen

Ijsselmeer (Andijk, NL, 2002-2008): Mittelwert 17 ng/L [33]

Teiche (Cape Cod, MA, USA, 2006): <0,5-2,2 ng/L (n=5 von 16) [34]

d) Grundwasser

Grundwasser (BW, D, ca. 1999): <1,8-410 ng/L (n=11) [29]

Grundwasser (D, ca. 2002): <20-470 ng/L [29]

Grundwasser (Braunschweig, D, ca. 2005): <25-110 ng/L (n=6 Brunnen) [29]

Grundwasser (WI, USA, ca. 2001): 10 und 80 ng/L (n=2) [29]

e) Trinkwasser

Rohwasser (BY, D):

2007-2008: 19-26 ng/L (n=5) [3]

2007-2009: max. 56 ng/L (Mischrohrwasser) [3]

April 2009: <2-82 ng/L (n=24 von 29) [3]

September 2009: <2-46 ng/L (n=29 von 34) [3]

Trinkwasser (USA, ca. 2002): < 50 ng/L (ca. 4 Wochen Probenahme) [11]

Rohwasser, Bach (USA, ca. 2002): > 50 ng/L (8 von 12) [11]

f) Sonstige oberirdische Gewässer

oberirdische Gewässer (D, 1998): 30-85 ng/L [11]

oberirdische Gewässer (D, ca. 2003): max. 480 ng/L, Median 30 ng/L [4, 11]

oberirdische Gewässer (D, vor 2007): max. 380 ng/L, 90-Perzentil 111 ng/L [28]

oberirdische Gewässer (F, ca. 2003): max. 133 ng/L, Median 25 ng/L [4]

Amsterdam-Rhein-Kanal (Nieuwegein, NL, 2002-2008): Mittelwert 30 ng/L [33]

Amsterdam-Rhein-Kanal (Nieuwersluis, NL, 2002-2008): Mittelwert 35 ng/L [33]

oberirdische Gewässer (IA, USA, 2001):

Hochwasser und normaler Wasserstand < 50 ng/L (n=76), Niedrigwasser <50-70 ng/L (n=20 von 30) [11]

Klärschlamm:

Klärschlamm/Boden (1:2 in Mesokosmos; USA, ca. 2008): < 0,5 µg/kg TS (n=5 Probenahmen) [36]

Nahrungs- und Genussmittel:

Fisch, Fleisch (Kanton Bern, CH, 1989): < 1 µg/kg (n=20) [11]

Fisch, Fleisch (SLO, 1994-98): <10-50 µg/kg (n=1 von 2363) [11]

ANGABEN ZUM UMGANG

Beständigkeit unter Laborbedingungen:

an Luft stabil [11]; lichtempfindlich [11]

LITERATUR UND ANMERKUNGEN

- [1] U.S. Environmental Protection Agency: ECOTOXicology Database (ECOTOX). Version 4. Quick Database Query. Aquatic Report. CAS #/Chemical: 723466 – 4-Amino-N-(5-methyl-3-isoxazolyl)benzenesulfonamide. 134 Einträge. Stand August 2013. http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query.htm
- [2] WIKIPEDIA – Die freie Enzyklopädie. Sulfamethoxazol. <http://de.wikipedia.org/wiki/Sulfamethoxazol>. Stand Januar 2013
- [3] Bayerisches Landesamt für Umwelt und Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit: Arzneimittelwirkstoffe und weitere polare Spurenstoffe in Roh- und Trinkwasser. Auftreten und Bewertung von Arzneimittelwirkstoffen, ausgewählter Metaboliten sowie weiterer polarer Spurenstoffe im Roh- und Trinkwasser aus oberflächenwasserbeeinflussten Gewinnungsanlagen – Untersuchungen 2007-2009. Gemeinsamer Bericht von LfU und LGL. 2013. http://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/arzneimittelwirkstoffe/index.htm
- [4] World Health Organization (WHO): Pharmaceuticals in Drinking Water. Genf: 2011
- [5] Ratsak, C.; Guhl, B.; Zühlke, S.; Delschen, T.: Veterinärantibiotikarückstände in Gülle und Gärresten aus Nordrhein-Westfalen. Environ. Sci. Europe 25 (2013) 7-17
- [6] International Uniform Chemical Information Database (IUCLID): List of the 7840 EU Low Production Volume Chemicals. Stand 09/2000. Office for Official Publications of the European Communities, L-2985 Luxembourg. Catalog No. LB-NA-19-559-EN-Z; ISBN 92-828-8647-7
- [7] VCI-Altstoffliste. Chemische Industrie – Zeitschrift für Chemie, Umwelt und Wirtschaft, Heft 4/88
- [8] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.): Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer – Spurenstoffbericht Baden-Württemberg 2012. <http://www.um.Baden-Wuerttemberg.de>
- [9] Irmer, U.; Duffek, A.; Hoffmann, A.; Larws, D.; Mohaupt, V.; Schudoma, D.; Walter, A.-B.; Wellnitz, J.: Die neue Oberflächengewässerverordnung (OGewV). Korr. Abwasser Abfall 58 (2011) 1145-1154
- [10] Bergmann, A.; Fohrmann, R.; Weber, F.-A.: Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. Bericht für das Umweltbundesamt, Forschungskennzahl 360 14 013. UBA-Texte 66/2011
- [11] Hazardous Substances Data Bank (HSDB) No. 3186: Sulfamethoxazole. CASRN: 723-46-6. <http://toxnet.nlm.nih.gov>; letzte Revision 01.05.2009. Stand August 2013.
- [12] ETOX: Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele. <http://webetox.uba.de/webETOX/index.do>. Stand August 2013
- [13] Al-Ahmad, A.; Daschner, F.D.; Kümmerer, K.: Biodegradability of Cefotiam, Ciprofloxacin, Meropenem, Penicillin G, and Sulfamethoxazole and Inhibition of Waste Water Bacteria. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 37 (1999) 158-163
- [14] Salomon, M.: Pharmazeutische Wirkstoffe und Umweltschutz. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 19 (2007) 155-167
- [15] Kümmerer, K.: Persönliche Mitteilung. Freiburg, 2000
- [16] Grung, M.; Källqvist, T.; Sakshaug, S.; Skurtveit, S.; Thomas, K.V.: Environmental Assessment of Norwegian Priority Pharmaceuticals Based on the EMEA Guideline. Ecotox. Environ. Safety 71 (2008) 328-340
- [17] Der PNEC-Wert basiert auf einer NOEC für Cyanobakterien (Blualgen, *Synechococcus leopoldensis*) von 5,9 µg/L mit einem Sicherheitsfaktor von 50 [16]
- [18] EPA's Office of Pollution Prevention Toxics and Syracuse Research Cooperation (SRC): Exposure Assessment Tools and Models – Estimation Programs Interface (EPI) Suite. Version 4.11, November 2012. <http://www.epa.gov/opptintr/exposure/pubs/episuiteidl.htm>
- [19] Berechnet wurde der Dampfdruck bei 25 °C zu $17,4 \cdot 10^{-6}$ Pa [11].
- [20] Umweltbundesamt Berlin: Rigoletto. Katalog wassergefährdender Stoffe. <http://webriigoletto.uba.de/rigoletto/public/search.do>. Stand August 2013
- [21] Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 49. MAK- und BAT-Werte-Liste 2013. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Weinheim: Wiley-VCH 2013
- [22] Mittelwert für den Schmelzpunkt aus 167 °C [2, 11, 18] und 171 °C [11]: Schmp. (n=2) = 169 °C
- [23] Mittelwert für die Dissoziationskonstante aus

$K_a = 2,00 \cdot 10^{-6}$ ($pK_a = 5,7$) [11] und

$K_a = 2,51 \cdot 10^{-6}$ ($pK_a = 5,6$) [2]:

$K_a = 2,26 \cdot 10^{-6}$ ($pK_a = 5,6$)

- [24] Triebskorn, R.: Literaturstudie zu Mikroverunreinigungen und deren Effekte auf Gewässerbiozöosen im Bodensee-Einzugsgebiet: Nährstoff- und Schadstoffgehalte, ökotoxikologische und fischereibiologische Untersuchungen in den Fließgewässersystemen Argen, Schussen und Seefelder Aach. Rottenburg: 2008
- [25] Miège, C.; Choubert, J.M.; Ribeiro, L.; Eusèbe, M.; Coquery, M.: Fate of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Wastewater Treatment Plants – Conception of a Database and First Results. *Environ. Pollut.* 57 (2009) 1721-1726
- [26] Schulte-Oehlmann, U.; Oehlmann, J.; Püttmann, W.: Humanpharmawirkstoffe in der Umwelt: Einträge, Vorkommen und der Versuch einer Bestandsaufnahme. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 19 (2007) 168-179
- [27] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) und Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): Arbeitsplatzgrenzwerte TRGS 900. Ausgabe Januar 2006. Zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2013 S. 363-364 vom 4.4.2013; <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-900.pdf>
- [28] Götz, K.; Keil, F.: Medikamentenentsorgung in privaten Haushalten: Ein Faktor bei der Gewässerbelastung mit Arzneimittelwirkstoffen. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 19 (2007) 180-188
- [29] Monteiro, S.C.; Boxall, A.B.A.: Occurrence and Fate of Human Pharmaceuticals in the Environment. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 202 (2010) 53-154
- [30] Choi, K.; Kim, Y.; Park, J.; Park, C.K.; Kim, M.; Kim, H.S.; Kim, P.: Seasonal Variations of Several Pharmaceutical Residues in Surface Water and Sewage Treatment Plants of Han River, Korea. *Sci Total Environ.* 405 (2008) 120-128
- [31] Triebskorn, R.; Hetzenauer, H.: Mikroverunreinigungen in den drei Bodenseezuflüssen Argen, Schussen und Seefelder Aach – eine Literaturstudie. *Environ. Sci. Europe* 24 (2012) 8-23
- [32] Crane, M.; Watts, C.; Boucard, T.: Chronic Aquatic Environmental Risks from Exposure to Human Pharmaceuticals. *Sci. Total Environ.* 367 (2006) 23-41
- [33] ter Laak, T.; van der Aa, M.; Houtman, C.; Stoks, P.; van Wezel, A.: Temporal and Spatial Trends of Pharmaceuticals in the Rhine. Bericht der Association of River Water Works – RIWA. Februar 2010
- [34] Standley, L.J.; Rudel, R.A.; Swartz, C.H.; Attfield, K.R.; Christian, J.; Erickson, M.; Brody, J.G.: Wastewater-Contaminated Groundwater as a Source of Endogenous Hormones and Pharmaceuticals to Surface Water Ecosystems. *Environ. Toxicol. Chem.* 27 (2008) 2457-2468
- [35] Kim, S.D.; Cho, J.; Kim, I.S.; Vanderford, B.J.; Snyder, S.A.: Occurrence and Removal of Pharmaceuticals and Endocrine Disruptors in South Korean Surface, Drinking, and Waste Waters. *Water Res.* 41 (2007) 1013-1021
- [36] Walters, E.; McClellan, K.; Halden, R.U.: Occurrence and Loss over Three Years of 72 Pharmaceuticals and Personal Care Products from Biosolids–Soil Mixtures in Outdoor Mesocosms. *Water Res.* 44 (2010) 6011-6020