

Markierstoffe im Bereich von Trinkwasserfassungen

Abklärung zur Humantoxizität der Fluoreszenztracer

Utilisation des traceurs à proximité des captages d'eau potable

La toxicité des traceurs fluorescents en question

Les traceurs sont très utiles pour déterminer le cheminement de l'eau en hydrogéologie. Mais ces substances artificielles sont aussi des substances étrangères au sens de la loi: une fois injectées dans les eaux souterraines, elles peuvent arriver jusqu'aux captages. La question est donc de savoir quel risque de toxicité elles représentent pour le consommateur d'eau potable. Les données toxicologiques des principaux traceurs fluorescents (sulforhodamine B, uranine, éosine jaune, naphthionate) ont été analysées pour en déduire les limites de concentration toxicologiquement tolérables dans l'eau potable. Ces valeurs ont ensuite été confrontées avec les concentrations extrapolées dans les captages et avec les vitesses de cheminement.

Tracers in the Area of Drinking Water Reservoirs

Evaluation of the Human Toxicity of Fluorescent Tracers

Tracers are a useful tool in hydrogeology. However, tracers are foreign substances which are applied to the groundwater to be protected and which can also get into the groundwater capture. To clarify whether there is a health risk for consumers of drinking water from these substances, the available data on the toxicity of the most common fluorescent tracers (sulforhodamine B, uranine, eosin yellow, naphthionate) were collected and evaluated. Tolerable concentrations in drinking water were derived which pose no health concern for consumers. These values were compared with the tracer concentrations to be expected in the groundwater capture and in context with the passage time.

Beat Brüscheiler



Markierstoffe sind ein nützliches Hilfsmittel in der Hydrogeologie. Allerdings sind Tracer Fremdstoffe, die in das zu schützende Grundwasser eingespeist werden und letztlich auch in die Grundwasserfassung gelangen können. Um abzuklären, ob von den eingesetzten Substanzen ein Risiko für Trinkwasserkonsumenten ausgeht, wurden die verfügbaren Daten zur Toxizität der gängigsten Fluoreszenztracer (Sulforhodamin B, Uranin, Eosin gelblich, Naphthionat) zusammengestellt und bewertet. Tolerierbare Trinkwasserkonzentrationen wurden für diese Substanzen abgeleitet, die für die menschliche Gesundheit unbedenklich sind, und mit den in der Grundwasserfassung zu erwartenden Tracerkonzentrationen sowie mit der Durchgangsdauer in Zusammenhang gestellt.

1. Ausgangslage

Der Einsatz von Markierstoffen ist ein verbreitetes und unverzichtbares Arbeitsmittel in der Hydrogeologie. Fluoreszenztracer werden deshalb verwendet, weil sie auch in kleinsten Konzentrationen noch analytisch nachweisbar sind. Diese Methodik hilft, wichtige Fragestellungen insbesondere für den Grundwasserschutz zu beantworten, wie etwa die Bestimmung von Einzugsgebieten oder die Überprüfung von Schutzzonenbemessungen. Allerdings handelt es sich bei den Tracern um Fremdstoffe, die in das zu schützende Grundwasser während kurzer Zeit eingespeist werden und letztlich auch in die Grundwasserfassung gelangen können. Dieser scheinbare Wider-

spruch kann nur aufgelöst werden, wenn feststeht, dass von den eingesetzten Substanzen kein Risiko für die Konsumenten ausgeht, welche aus diesen Grundwasserfassungen ihr Trinkwasser beziehen. In der einschlägigen Literatur über Tracer in der Hydrogeologie [1, 2, 3] fehlt bisher eine umfassende Bewertung dieser Substanzen im Hinblick auf die menschliche Gesundheit. Um diese Lücke zu schliessen, wurde in der vorliegenden Arbeit von vier Markierstoffen die öffentlich zugänglichen Toxizitätsdaten zusammengestellt, das gesundheitliche Risiko für die Verbraucher bei den zu erwartenden Trinkwasserkonzentrationen bewertet und tolerierbare Trinkwasserkonzentrationen abgeleitet.

2. Vorgehensweise

In einer Risikobewertung wird die für den Menschen aus toxikologischer Sicht tolerierbare tägliche Aufnahmemenge mit der tatsächlichen Aufnahmemenge (*Exposition*) verglichen. Zur Analyse des Gefährdungspotenzials werden je nach vorgesehener Anwendung einer chemischen Substanz verschiedenste tierexperimentelle Studien durchgeführt. In diesen Studien werden die akute, subakute, subchronische und chronische Toxizität, Kanzerogenität, Mutagenität, Reproduktions- und Entwicklungstoxizität, Neurotoxizität und Immuntoxizität geprüft. Ausgehend vom kritischen toxischen Effekt und derjenigen Dosis, die keine negativen Auswirkungen mehr hervorruft (*NOAEL* von «No Observable Adverse Effect Level»), wird die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (*TDI* von «Tolerable Daily Intake») für den Menschen ermittelt. Unsicherheiten bezüglich möglicher unterschiedlicher Empfindlichkeiten von Tier und Mensch einerseits und den individuellen Empfindlichkeits-

unterschieden beim Menschen andererseits wird mit entsprechenden Unsicherheitsfaktoren Rechnung getragen.

Ist die Datenlage zur Toxizität einer Substanz ungenügend, um einen TDI abzuleiten, kommt das Konzept des «Threshold of Toxicological Concern» (*TTC*) zur Anwendung. Dieses hat sich in der Lebensmitteltoxikologie bei lückenhafter Datenlage seit einigen Jahren bewährt [4, 5]. Das *TTC*-Konzept ist ein konservativer Ansatz, in welchem jeweils das fünfte Perzentil von vielen *NOAELs* für definierte toxische Effekte von Stoffen unterschiedlicher chemischer Strukturklassen (*Cramer-Strukturklassen*) durch einen Unsicherheitsfaktor von 100 geteilt wird [5].

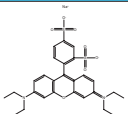
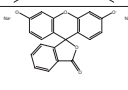
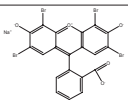
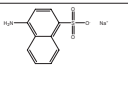
Unter der Annahme, dass eine erwachsene Person pro Tag zwei Liter Leitungswasser konsumiert, kann anhand des *TDI* bzw. des *TTC* eine tolerierbare Trinkwasserkonzentration abgeleitet werden. Anhand eines Vergleiches zwischen der erwarteten bzw. gemessenen und der tolerierbaren Trinkwasserkonzentration kann ein mögliches gesundheitliches Risiko für die Verbraucher beurteilt werden.

Nachfolgend werden die *Toxizitätsdaten* zu den vier Markierstoffen dargestellt.

3. Toxikologie

3.1 Sulforhodamin B

Sulforhodamin B (C.I. 45100) darf in kosmetischen Mitteln verwendet werden, allerdings mit der Einschränkung, dass es nur kurz mit der Haut in Berührung kommen soll (Haarfärbung) [6]. Die wichtigsten chemisch-physikalischen Substanzeigenschaften von Sulforhodamin B sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Die Nachweisgrenze liegt bei 0,01–0,02 µg/l [7]. Die Toxizität von Sulforhodamin B wurde durch das «Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products Intended for Consumers» (*SCCNFP*) im Jahre 2004 evaluiert [8]. Sulforhodamin B weist eine niedrige akute Toxizität auf. Die Dosis, welche bei einmaliger Gabe bei 50 % der Tiere tödlich wirkt (*LD50*), liegt bei der Ratte bei >1000 mg/kg KG [8]. In einer subchronischen oralen Toxizitätsstudie (91 Tage) mit Ratten und in einer Teratogenitätsstudie mit Ratten lag der *NOAEL* beide Mal bei 1000 mg/kg KG/Tag [8]. Orale Verabreichung von 0,1250 mg/kg KG/Tag und 2500 mg/kg KG/Tag während zwei Jahren bei Ratten führte zu keinen erhöhten Tumorzinidenzen [8, 9]. Verschiedene Genotoxizitätsstudien wie Ames-Tests, cytogenetischen Analyse (Mikrokerntest), DNA-Repair-Test (Rec-Test), In-vitro-Maus-Lymphomatest ergaben mit Ausnahme einer cytogenetische Untersuchung von Lungen-Fibroblasten des Chinesischen Hamsters bei hohen Konzentrationen (9000 µg/ml) keine Hin-

Tracer	CAS-Nr.	Synonyme	Chemische Struktur	Summenformel	Molekulargewicht	Schmelzpunkt	Nachweisgrenze im Wasser (µg/l)
Sulforhodamin B	3520-42-1; 2609-88-3	Duasyssäure-Rhodamin B 01, Amidorhodamin; C.I. 45100; Acid Red 52		C ₂₇ H ₂₈ N ₂ NaO ₇ S ₂	581	k. A.	0,01-0,02
Uranin	518-47-8 (Uranin = Fluorescein-Dinatriumsalz); 2321-07-5 (Fluorescein)	C.I. 45350; C.I. Acid Yellow 73		C ₂₀ H ₁₀ Na ₂ O ₅ (Fluorescein); C ₂₀ H ₁₂ O ₅ ;	376,3 (Uranin); (Fluorescein: 332,3)	315-395 °C	0,001-0,002
Eosin gelblich	17372-87-1	Eosin Y; C.I. 45380; C.I. Acid Red 87; 2,4,5,7-Tetrabromfluorescein-Dinatriumsalz		C ₂₀ H ₆ OBr ₄ Na ₂ O ₅	691,9	295-296 °C	0,01-0,02
Naphthionat	130-13-2	Natrium-Naphthionat; Naphthionsäure, Na-Salz; 4-Amino-1-Naphthalinsulfonsäure, Na-Salz		C ₁₀ H ₈ NNaO ₃ S	245	280 °C	0,1
k.A.: keine Angaben							

Tab. 1 Zusammenstellung der wichtigsten chemisch-physikalischen Substanzeigenschaften sowie der analytischen Nachweisgrenze.

weise auf eine schädigende Wirkung [1, 8, 10]. Das SCCNFP hat in ihrer Risikobewertung auf den NOAEL von 1000 mg/kg KG/Tag aus der subchronischen oralen Rattenstudie Bezug genommen [8]. Ausgehend von demselben NOAEL leitet der Autor unter Anwendung eines Unsicherheitsfaktors von 100 einen TDI von 10 mg/kg KG/Tag bzw. 600 mg/Person/Tag (Annahme: 60 kg Körpergewicht) ab. Bei einem Trinkwasserverzehr von zwei Litern pro Person und Tag ergibt dies eine tolerierbare Trinkwasserkonzentration von 300 000 µg/ℓ. Nach Anwendung von Sulforhodamin B als Tracer wird im schlechtesten Falle eine Trinkwasserkonzentration von 5 µg/ℓ über einen Zeitraum von 50–100 Stunden erwartet [7]. Offensichtlich stellt dies kein gesundheitliches Risiko für die Verbraucher dar (Tab. 2).

3.2 Uranin

Uranin (C.I. 45350) ist das Dinatriumsalz des Fluoresceins. Dieses gehört zu den Farbstoffen, die in allen kosmetischen Mitteln bis zu max. 6 % im Fertigerzeugnis enthalten sein dürfen [6]. Die Nachweisgrenze von Uranin im Trinkwasser liegt bei 0,001–0,002 µg/ℓ (Tab. 1) [7]. Bei Kaninchen liegt der LD50-Wert bei 2500 mg/kg Körpergewicht (KG) [10]. Die subchronische Exposition von Mäusen und Ratten via Futter führte bei Dosierungen bis ca. 250 mg/kg KG/Tag abgesehen von einer Reduktion des Trinkwasserkonsums nicht zu behandlungsbe-

dingten Effekten. Höhere Dosen führten zu Veränderungen in Nieren und Herz (u.a. Mineralisierung) und zu erhöhter Mortalität [10]. Die chronische Exposition führte bei Mäusen und Ratten in Dosen von rund 1500 mg/kg KG/Tag resp. 250 mg/kg KG/Tag ebenfalls zu Veränderungen in den Nieren (Nierenentzündung, Mineralisierung) [10].

Im Rahmen des *nationalen Toxikologieprogramms* (NTP) der USA wurde im Jahr 1983 eine Studie zur chronischen Toxizität und Kanzerogenität durchgeführt. Der Technische Report 265 wurde von NTP jedoch nie publiziert, da die Studie Mängel aufwies (Kategorie A «Daten nicht vollständig zuverlässig») [11]. Einige knappe Angaben zu dieser Studie finden sich im Handbuch der *deutschen Forschungsgemeinschaft* (DFG) [10]. Kategorie A-Studien sind im Allgemeinen nur mit geringen Mängeln behaftet, welche eher quantitative als qualitative Aussagen betreffen [12]. Danach führte die Behandlung bei Mäusen nicht zu einer erhöhten Tumorrates. Bei Ratten wurde bei hohen Dosierungen vermehrt Inselzellhyperplasien, -karzinome oder -adenome festgestellt

[10]. Das kanzerogene Potenzial von Uranin kann somit nicht abschliessend beurteilt werden. Die Daten aus Genotoxizitätsstudien ergeben ebenfalls ein unklares Bild: Während keine Genotoxizität im Ames-Test, *In-vitro*-Chromosomen-Aberrationstest und im *In-vivo*-Maus-Mikrokerntest festgestellt wurde, waren die Befunde im *In-vitro*-Maus-Lymphomatest und im *In-vitro*- und *In-vivo*-Schwester-Chromatid-Austauschtest positiv und ein genotoxisches Potenzial von Uranin kann somit nicht eindeutig ausgeschlossen werden (Tab. 3) [10, 11].

Wegen der ungenügenden Datenlage zur Toxizität dieser Substanz kann kein TDI abgeleitet werden, weshalb das TTC-Konzept zur Anwendung kommt. Da aufgrund der Testresultate ein genotoxisches Potenzial nicht ausgeschlossen werden kann (Tab. 3), wird ein TTC von 0,15 µg/Person/Tag angewendet (Tab. 2) [5].

Die Applikation von Uranin als Tracer führt zu einer Trinkwasserbelastung während 50–100 Stunden [7]. Um diese Kurzzeitbelastung mit einer chronischen Exposition des Menschen zu vergleichen, kann gemäss *Bos et al.* [13] für eine Risiko-

Tracer	Tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI)	Cramer-Strukturklasse [#]	Bemerkungen	Threshold of Toxicological Concern (TTC)	Tolerierbare Trinkwasserkonzentration für langfristige Belastung [*]	Stossbelastungs-Faktor	Tolerierbare Trinkwasserkonzentration für Stossbelastung [*]	Zu erwartende Trinkwasserkonzentration (während 50-100 h)	Ausschöpfung der tolerierbaren Trinkwasserkonzentration
	(mg/Person/Tag) [§]			(µg/Person/Tag)	(µg/ℓ)		(µg/ℓ)	(µg/ℓ)	
Sulforhodamin B	600	III	Genotoxizitätsdaten negativ	-	300 000	n.n.	-	5	0,002 %
Uranin	nicht ableitbar	III	Da die verfügbaren Genotoxizitätsdaten und Kanzerogenitätsdaten ein unklares Bild ergeben, wird hier vorsichtshalber der TTC von 0,15 µg/Person/Tag ^Δ verwendet.	0,15	0,075	250	19	5	26 %
Eosin gelblich	nicht ableitbar	III	Genotoxizitätsdaten mit einer Ausnahme (Ames-Test der NTP [14]) negativ; Kanzerogenitätsdaten negativ	90	45	n.n.	-	5	11 %
Naphthionat	nicht ableitbar	I	Genotoxizitätsdaten negativ	1800	900	n.n.	-	50	6 %

§: 60 kg Körpergewicht
 #: mit Computersoftware ToxTree bestimmt
 Δ: strukturelle Hinweise auf genotoxisches Potenzial [5]
 *: angenommener Trinkwasserverzehr von 2 Liter pro Person und Tag
 n.n.: nicht notwendig

Tab. 2 Zusammenfassende Beurteilung.

Testsystem	Stamm	Befund
<i>in vitro:</i>		
Ames-Test	TA98, TA100, TA1535, TA1537	negativ
Maus-Lymphoma-Test, Lymphomazellen	L5178 TK+/-	positiv
Chromosomen-Aberrationstest in Ovarialzellen des Chinesischen Hamsters	CHO-W-B1	negativ
Schwester-Chromatid-Austausch (SCE) in Ovarialzellen des Chinesischen Hamsters	CHO-W-B1	positiv
<i>in vivo:</i>		
Micronucleus-Test im Maus-Knochenmark	männliche B6C3F1	negativ
Sex-linked recessive lethal/reciprocal translocaton in Drosophila melanogaster		negativ
Chromosomen-Aberrationstest im Maus-Knochenmark	männliche B6C3F1	negativ
Schwester-Chromatid-Austausch (SCE) im Maus-Knochenmark	männliche B6C3F1	positiv

Tab. 3 Resultate der Genotoxizitätsstudien von Uranin [10, 11].

bewertung von genotoxischen Kanzerogenen (als solches wird Uranin bei der ungenügenden Datenlage zur Toxizität betrachtet) die Kurzzeitdosis um einen Faktor 250 für sensitive Subpopulationen gegenüber einer Langzeitdosis erhöht werden. Wird dies auf den TTC von 0,15 µg/Person/Tag für Uranin angewendet, resultiert eine tolerierbare Kurzzeitdosis von 38 µg/Person/Tag. Unter der Annahme, dass der Trinkwasserverzehr zwei Liter pro Person und Tag beträgt, wird eine tolerierbare Trinkwasserkonzentration für eine Stossbelastung von 19 µg/l Uranin abgeleitet (Tab. 2). Nach der Anwendung von Uranin im Trinkwasser wird eine maximale Konzentration von 5 µg/l über einen Zeitraum von 50–100 Stunden erwartet [7], was deutlich unter der tolerierbaren Konzentration von 19 µg/l liegt (Tab. 2).

3.3 Eosin gelblich

Eosin (C.I. 45380) gehört zu den Farbstoffen, welche in allen kosmetischen Mitteln enthalten sein dürfen [6]. Die wichtigsten chemisch-physikalischen Substanzeigenschaften von Eosin gelblich sind in Tabelle 1

zusammengestellt. Die Nachweisgrenze von Eosin gelblich liegt bei 0,01–0,02 µg/l [7]. Eosin gelblich weist eine niedrige akute Toxizität auf; der LD₅₀-Wert beim Hund liegt bei >4560 mg/kg KG [10]. In Studien zur chronischen Toxizität mit Ratten, Mäusen und Hunden konnten keine substanzbedingten Effekte bis zu Dosen von 1 g/kg KG/Tag beobachtet werden [10]. Ames-Test und DNA-Repair-Tests (Rec-Tests) verliefen gemäss DFG negativ [10], während im Ames-Test der NTP bei höheren Konzentrationen (≥6666 µg/Platte) eine mutagene Aktivität nachweisbar war [14].

Wegen der ungenügenden Datenlage zur Toxizität (keine Einsicht in die vorhandenen subchronischen und chronischen Studien) wird in diesem Fall das TTC-Konzept angewendet. Eosin gelblich wird von der Computersoftware ToxTree der Cramer-Strukturklasse III mit einem TTC von 90 µg/Person/Tag zugeteilt [5]. Von der Zuordnung in den strengeren TTC von 0,15 µg/Person/Tag («strukturelle Hinweise auf genotoxisches Potenzial» [5]) wird hier abgesehen, weil in den Kanzerogenitätsstudien keine substanzbedingten Effekte auftraten.

Unter der Annahme, dass der Trinkwasserverzehr zwei Liter pro Person und Tag beträgt, resultiert eine tolerierbare Trinkwasserkonzentration von 45 µg/l. Nach der Anwendung von Eosin gelblich als Tracer wird im schlechtesten Falle eine Konzentration im Trinkwasser von 5 µg/l über einen Zeitraum von 50–100 Stunden erwartet [7], was deutlich unter der tolerierbaren Konzentration von 45 µg/l liegt (Tab. 2).

3.4 Naphthionat

Die wichtigsten chemisch-physikalischen Substanzeigenschaften von Naphthionat sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Nachweisgrenze von Naphthionat liegt bei 0,1 µg/l [7]. Orale Verabreichung von 0, 100, 300 und 1000 mg/kg KG/Tag während 28 Tagen bei Ratten ergab bei der höchsten Dosierung eine Erhöhung der Alanin-Aminotransferase-Aktivität im Blut von Männchen und Weibchen [15]. Ames-Tests mit und ohne Aktivierung durch Lebermikrosomen, eine cytogenetische Analyse und ein *In-vitro*-Chromosomen-Aberrationstest ergaben keine Hinweise auf ein genotoxisches Potenzial [1, 15, 16, 17]. Da die Datenbasis zur Toxizität von Naphthionat ungenügend ist zur Ableitung eines TDI, wird auch hier das TTC-Konzept angewendet. Naphthionat kann der Cramer-Strukturklasse I zugeordnet werden, was einem TTC von 1800 µg/ Person/Tag entspricht [5]. Unter der Annahme, dass der Trinkwasserverzehr zwei Liter pro Person und Tag beträgt, ergibt sich eine tolerierbare Trinkwasserkonzentration von 900 µg/l (Tab. 2). Nach der Anwendung von Naphthionat als Tracer wird eine Trinkwasser-Konzentration von 50 µg/l über einen Zeitraum von 50–100 Stunden erwartet [7], was deutlich unter der tolerierbaren Konzentration von 900 µg/l liegt (Tab. 2).

4. Schlussfolgerungen

Die öffentlich zugängliche Datenbasis zur Toxizität der vier Tracer erweist sich als sehr unterschiedlich: Bei Sulforhodamin B war es möglich, eine tolerierbare Aufnahmemenge abzuleiten, während bei Uranin, Eosin gelblich und Naphthionat infolge der ungenügenden Datenlage das TTC-Konzept angewendet wurde. Weil dieses Konzept einen konservativen Ansatz darstellt, wurden für die drei letztgenannten Tracer wesentlich niedrigere tolerierbare Trinkwasserkonzentrationen abgeleitet als für Sulforhodamin B. Bei allen vier Tracern werden die tolerierbaren Trinkwasserkonzentrationen durch die zu erwartenden Konzen-

trationen im Trinkwasser nicht ausgeschöpft. Demzufolge besteht bei korrekter Durchführung von Markierversuchen durch den Einsatz dieser Stoffe kein bzw. nur ein sehr geringes gesundheitliches Risiko für die Verbraucher. Trotzdem sollten Markierstoffe nur wohldosiert in die Umwelt ausgebracht werden. Die Dosierung von Markierstoffen im Einzugsgebiet von Trinkwasserfassungen sollte so bemessen sein, dass an der Grundwasserfassung möglichst geringe Konzentrationen auftreten. Bei Überdosierung von Markierstoffen besteht zudem die Gefahr, dass das Trinkwasser infolge der Verfärbung vorübergehend unbrauchbar wird. Hilfestellung bei der Bestimmung der geeigneten Tracermenge gibt – neben einer guten geologischen und hydrogeologischen Kenntnis des Untersuchungsgebietes – die Praxishilfe Markierversuche [2].

Literaturverzeichnis

- [1] Umweltbundesamt (UBA) (1997): Human- und ökotoxikologische Bewertung von Markierungsmitteln in Gewässern. Empfehlungen eines Arbeitskreises beim Umweltbundesamt. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 2:61–64.
- [2] Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) (2002): Einsatz künstlicher Tracer in der Hydrogeologie: Praxishilfe. Berichte des BWG, Serie Geologie Nr. 3, Bern.
- [3] Käss, W. (2004): Geohydrologische Markierungstechnik. In: Lehrbuch der Hydrogeologie. Band 9. Herausgeber: G. Matthess. Gebrüder Borntraeger. Berlin und Stuttgart.
- [4] Kroes, R.; Renwick, A.G.; Cheeseman, M.; Kleiner, J.; Mangelsdorf, I.; Piersma, A.; Schilter, B.; Schlatter, J.; van Schothorst, F.; Vos, J.G.; Wurtzen, G. (2004): Structure-based thresholds of toxicological concern (TTC): guidance for application to substances present at low levels in the diet. *Food Chem Toxicol.* 42:65–83.
- [5] ILSI Europe (2005): Threshold of toxicological concern (TTC): A tool for assessing substances of unknown toxicity present at low levels in the diet. p. 1–32.
- <http://europe.ilsio.org/publications/Monographs/ThresholdToxicologicalConcern.htm>
- [6] Eidgenössisches Departement des Innern (EDI) (2005): Verordnung des EDI über kosmetische Mittel (VKos). Vom 23. November 2005 (Stand am 27. Dezember 2005). www.admin.ch/ch/d/sr/8/817.023.31.de.pdf
- [7] Angaben von R. Kozel, Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- [8] Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products intended for Consumers (SCCNFP): Acid Red 52. Colipa n° C177. Adopted by the SCCNFP on 23 April 2004 by means of the written procedure. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/ccp/documents/out266_en.pdf
- [9] Konishi, N.; Kitahori, Y.; Nishioka, H.; Yane, K.; Hiasa, Y. (1992): Carcinogenicity testing of food Red No. 106 (Acid Red) in Fischer 344 rats. *J Toxicol Pathol* 5: 157-165.
- [10] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (1991): Kosmetische Färbemittel. Dritte, völlig überarbeitete Auflage. Farbstoffkommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft. VCH, Weinheim.
- [11] National Toxicology Program (NTP) (Stand 2006): C.I. Acid Yellow 73 (Fluorescein Sodium). <http://ntp.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=6DE01327-F1F6-975E-72DBDFAEE08D4D12>
- [12] Auskunft von Doug Bristol, NTP, NIH/HIEHS vom 15.3.2004
- [13] Bos, P.J.M.; Baars, B.-J.; van Raaij, M.T.M. (2004): Risk assessment of peak exposure to genotoxic carcinogens: a pragmatic approach. *Tox Letters* 151:43–50.
- [14] National Toxicology Program (NTP) (Stand 2006): Testing status of agents at NTP: Eosin. <http://ntp.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=6DE155F3-F1F6-975E-7A172D6767BD0031>
- [15] Global Information Network on Chemicals (GINC) (Stand 2006): Sodium 4-amino-1-naphthalenesulfonate. <http://www.db.mhlw.go.jp/ginc/dbfile1/file/file130-13-2.html>
- [16] Chung, K.T.; Fulk, G.E.; Andrews, A.W. (1981): Mutagenicity testing of some commonly used dyes. *Appl Environ Microbiol* 42:641–648.
- [17] Chemical Carcinogenesis Research Information System (CCRIS) (Stand 2006): 1-Naphthalenesulfonic acid, 4-amino-, monosodium salt; CASRN 130–13-2. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+ccris:@term+@m+130-13-2>

Keywords

Markierstoffe – Fluoreszenztracer – tolerierbare Trinkwasserkonzentrationen – gesundheitliche Risikobewertung

Adresse des Autors

Beat Brüsweiler, Dr. sc. nat. ETH
 Bundesamt für Gesundheit
 Abteilung Lebensmittelsicherheit
 Sektion Ernährungs- und
 Toxikologische Risiken
 Stauffacherstrasse 101
 CH-8004 Zürich
 Tel. +41 (0)43 322 21 94
 Fax +41 (0)43 322 21 99
 beat.bruesweiler@bag.admin.ch