Chemische Stoffe im Trinkwasser*

Festlegung von Höchstkonzentrationen

Substances chimiques dans l'eau potable

Etablissement des concentrations maximales

L'article suivant aborde les principes de l'estimation des risques sur la santé des consommateurs causés par les contaminants dans l'eau potable. Il présente les bases de telles évaluations ainsi que les facteurs pris en compte pour l'établissement des concentrations maximales. De plus, les valeurs maximales actuelles de l'ordonnance sur les substances étrangères et composants sont comparées aux valeurs correspondantes de la directive européenne relative à l'eau potable et des recommandations de l'OMS. Les changements et les adaptations de ces valeurs sont également présentés.

Chemical Substances in Drinking Water

Determination of Limit Concentrations

The present article focuses on the principles of health related risk assessment of contaminants in drinking water. The article presents and discusses the various principles and influencing factors on which limit concentrations in drinking water are determined. In addition, the present limit values in the Ordinance on Contaminants and Constituents in Foodstuffs are compared to the according values of the EU Drinking Water Directive and WHO Guidelines; possible changes or adjustments in the Ordinance are mentioned.

Pierre Studer

Im vorliegenden Artikel werden die Prinzipien der gesundheitlichen Risikobewertung von Kontaminanten im Trinkwasser vorgestellt. Die verschiedenen Grundlagen und Einflussfaktoren für die Festlegung von Trinkwasser-Höchstkonzentrationen werden dargestellt und diskutiert. Weiter werden die bestehenden Höchstwerte in der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung mit den entsprechenden Werten in der EG-Trinkwasser-Richtlinie und den WHO-Guidelines verglichen und mögliche Änderungen oder Anpassungen angetönt.

1. Einleitung

Trinkwasser kann aus verschiedenen Gründen eine ganze Reihe von Spurenstoffen enthalten. Die *anorganischen* Spurenstoffe sind vorwiegend geologisch bedingt oder stammen von Materialien, welche mit Wasser in Kontakt kommen (Leitungen, Rohre, Armaturen). Die *organischen* Stoffe sind meist Umweltkontaminanten oder entstehen bei der Wasseraufbereitung, z. B. durch Chlorierung von harmloseren organischen Spurenstoffen.

2. Evaluierungsgrundlagen

2.1 Risikoanalyse

Es ist die Aufgabe des *Bundesamtes für Gesundheit* (BAG), mittels Risikoanalyse das gesundheitliche Risiko der im Trinkwasser vorkommenden Substanzen für die Verbraucher nach dem heutigen Wissensstand zu bewerten und daraus geeignete Massnahmen wie die

* Die französische Fassung dieses Artikels wird Anfang 2008 im gwa veröffentlicht.

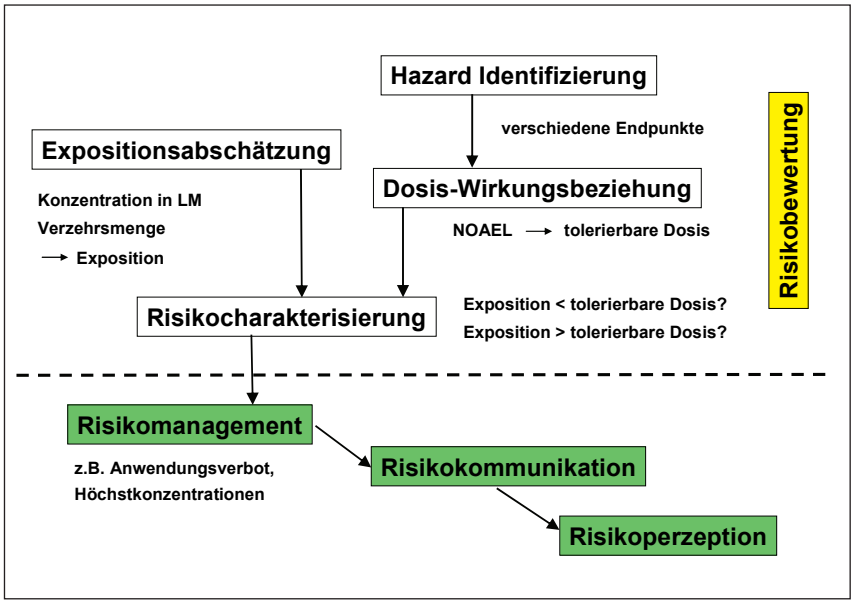

Abb. 1 Prinzip der Risikoanalyse zur Festlegung der Trinkwasser-Höchstkonzentration.

Festlegung von Höchstkonzentrationen im Trinkwasser abzuleiten *(Abb. 1)*.

Das gesundheitliche Risiko einer Substanz setzt sich einerseits zusammen aus den inhärenten Eigenschaften, hinsichtlich deren *Schadwirkungen* (Toxizität), und andererseits aus der aufgenommenen *Dosis* (Exposition). 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, chronische Toxizität, Reproduktions- und Entwicklungstoxizität, Neurotoxizität und Immuntoxizität geprüft. Ausgehend vom kritischen toxischen Effekt und derjenigen Dosis, welche 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 Empfindlichkeitsunterschieden beim Menschen andererseits wird mit entsprechenden *Unsicherheitsfaktoren* Rechnung getragen [1]. Bei Stoffen, zu denen Humandaten (z. B. epidemiologische Studien) zur Verfügung stehen, kann auf solche hohen Unsicherheitsfaktoren verzichtet werden.

Ist die Datenlage zur Toxizität einer Substanz ungenügend, um einen TDI ableiten zu können, kommt das Konzept des *Threshold of Toxicological Concern* (TTC) zur Anwendung. Dieses hat sich in der Lebensmitteltoxikologie bei lückenhafter Datenlage seit einigen Jahren bewährt [2, 3]. Das TTC-Konzept ist ein konservativer Ansatz, in welchem jeweils das 5. Perzentil von vielen NOAELs für definierte toxische Effekte von Stoffen unterschiedlicher chemischer Strukturklassen *(Cramer-Strukturklassen)* durch einen Unsicherheitsfaktor von 100 geteilt wird [2].

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

2.2 Fremd- und Inhaltsstoffverordnung

Das in der Schweiz geltende Regelwerk für Rückstände bzw. Kontaminanten in Lebensmitteln und damit auch in Trinkwasser ist die Verordnung des Eidgenössischen Departement des Innern (EDI) vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV, SR 817.021.23) [4]. Wichtig sind hier die Listen 2 und 4. Liste 2 regelt die «Metalle und Metalloide» und Liste 4 die «andern Fremd- und Inhaltsstoffe» *(Tab. 1 und 2)*.

Damit ein Stoff in der FIV geregelt wird, muss er ein Gesundheitsrisiko darstellen und auch in der Schweiz mit einer relevanten Wahrscheinlichkeit ein potenzielles Problem sein oder er ist ein relevanter Qualitätsparameter. Ist ein potenziell gesundheitsgefährlicher Stoff schon in tiefen Konzentrationen (unterhalb der Konzentration, welche eine Gesundheitsgefährdung darstellt) deutlich organoleptisch wahrnehmbar, so erübrigt sich meist eine Regelung in der FIV.

Ein Stoff kann als *Toleranzwert* (TW)[1] oder als *Grenzwert* (GW)[2] oder als beides geregelt sein. Im Moment gibt es nur für EDTA (Ethylendiamintetraacetat) und für NTA (Nitrilotriacetat) sowohl TW wie GW. Qualitätsparameter werden als TW geregelt. Für Stoffe, welche eine relevante Gesundheitsgefährdung darstellen,

Definition gemäss Art. 2, Abs. 3 und 4 der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung

1 *Der Toleranzwert ist die Höchstkonzentration, bei dessen Überschreitung das Lebensmittel als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert gilt.*

2 *Der Grenzwert ist die Höchstkonzentration, bei dessen Überschreitung das Lebensmittel für die menschliche Ernährung als ungeeignet gilt.*

werden in der Regel GW festgelegt. Die Grenze ist jedoch nicht immer ganz scharf. Wenn ein potentiell gesundheitsgefährlicher Stoff praktisch immer nur in deutlich tieferen Konzentrationen vorkommt als einem GW entsprechen würde, so kann er auch auf tieferem Niveau als TW geregelt werden.

3. FIV – Festlegung der Werte

Die Anforderungen an Trinkwasser müssen besonders streng sein, da davon ausgegangen werden muss, dass viele Personen über Jahre hinweg Trinkwasser von demselben Wasserversorger und damit für viele Parameter auch von derselben Zusammensetzung bzw. Qualität konsumieren. Das heisst, dieses Produkt muss auch bei lebenslangem Konsum sicher sein.
Als Ausschöpfungsgrad des TDI übers Trinkwasser gilt allgemein ein *Default-Wert* von 10 %. Gibt es entsprechende Hinweise dafür, dass andere Expositionsquellen den TDI weniger stark als 90 % ausschöpfen können, kann der Wert auch höher als bei 10 % liegen, in seltenen Fällen auch tiefer.
Grenzwerte werden in der Regel nach folgenden Überlegungen festgelegt: Konsultierung der *WHO-Guidelines* und Unterlagen weiterer *Expertengremien* (U.S. EPA, EFSA, BfR/UBA); in gewissen Fällen auch eigene Untersuchungen. Je nach Problemstellung erfolgt eine nachfolgende Überprüfung bzw. Adaptierung der Überlegungen auf schweizerische Verhältnisse.

3.1 Aufgabe des BAG

Beim Bundesamt für Gesundheit (BAG) gehen regelmässig Informationen über Stoffe ein, die im Trinkwasser nachgewiesen werden können. Diesen Hinweisen muss das BAG nachgehen. Wenn die Überprüfung ein mögliches gesundheitliches Risiko für die Verbraucher ergibt, wird zur Abklärung des Regelungsbedarfs ein Dossier erstellt. Eine gesetzgeberische Massnahme ist dann klar erforderlich, wenn die Risikoanalyse unter Einbeziehung von fundierten toxikologischen Studien eine zweifelsfreie Festlegung eines Grenzwerts für die betreffende Substanz zulässt.

3.2 Vorsorgeprinzip

Schwieriger gestaltet sich die Beurteilung des Regelungsbedarfs hingegen dort, wo keine vollständige toxikologische Charakterisierung der neuen Substanz vorliegt. In solchen Fällen kann die Erstellung eines Dossiers mit toxikologischen Studien unter Umständen mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Zur Überbrückung dieses Zeitraums werden häufig Empfehlungen verlangt, die auf der Basis vorläufiger Evaluationen zu formulieren sind. Hier besteht die Schwierigkeit darin, trotz teilweise fehlender Grundlagen verlässliche Aussagen über den Umgang mit dem Risiko zu treffen.
Immer häufiger kommt in solchen Situationen für eine vorläufige erste Bewertung das TTC-Konzept zur Anwendung *(Kap. 2)*.
Deshalb gilt es, besonders sicherheitsbewusst vorzugehen, so dass oftmals unter Berufung auf das Vorsorgeprinzip Massnahmen verlangt werden, um die Gefahren, denen die Verbraucher ausgesetzt sein könnten, möglichst gering zu halten.

> *Vorsorgeprinzip:* Selbst wenn aufgrund der verfügbaren wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse keine Gewissheit besteht, darf die Anordnung von wirksamen, verhältnismässigen und wirtschaftlich tragbaren Massnahmen zur Verhütung der Gefahr von schweren und irreversiblen Schäden […] nicht hinausgezögert werden.

3.3 Kombinationswirkungen

Es stellt sich die Frage, ob mit Kombinationswirkungen von Substanzen im Trinkwasser (additive, synergistische oder antagonistische Wechselwirkungen) zu rechnen ist. In der wissenschaftlichen Literatur gibt es bis jetzt nur einige wenige Publikationen zu Kombinationswirkungen von Substanzen, die in Dosen nahe oder knapp über den Einzelstoff-NOAELs verabreicht wurden. Meist wurden die Studien zu Interaktionen von Substanzen mit Dosierungen durchgeführt, welche weit im Effektbereich der Einzelsubstanzen lagen. Generell wurde kaum je eine Abweichung von erwarteter oder vermuteter Additivität gefunden. Klare Synergismen wurden mit Ausnahme des Tabakrauchens praktisch nur bei Arzneimittel-Interaktionen im pharmakologischen (hohen) Dosis-Bereich nachgewiesen. Noch weniger wissenschaftliche Literatur gibt es zu Kombinationswirkungen im tiefen Dosisbereich. Als tiefen Dosisbereich werden Einzelstoffgehalte im Gemisch deutlich unterhalb des jeweiligen NOAEL verstanden. Exemplarisch seien hier Tierstudien erwähnt mit Kombinationen von 20 oder 40 Pestiziden in Dosen, die für jeden Stoff im Bereiche des ADI *(Acceptable Daily Intake)* oder dessen Mehrfachen lagen. Es zeigte sich, dass im Bereiche des ADI keine Kombinationswirkungen zu beobachten waren, erwartungsgemäss aber beim 100-fachen des ADI: Wirken die Substanzen auf verschiedenen Wegen und wird jede für sich unterhalb ihrer biologischen Schwellendosis verabreicht, ist kein synergistischer Effekt zu erwarten. Wirken die Substanzen über den gleichen Mechanismus, dann ist einfache Dosisadditivität zu erwarten. So sieht auch das ADI/TDI-Konzept der WHO die Festlegung von Gruppen-ADIs/TDIs für Stoffe mit gleichem Wirkmechanismus vor, wenn begründeter Verdacht auf eine mögliche additive Wirkung besteht [1].

4. Laufende Untersuchungen beim BAG

Die Qualität einer Risikobewertung hängt stets von der Qualität des Datenmaterials ab, das bei der Untersuchung vorliegt. In der Schweiz ist die Konzentration an wichtigen Mineralstoffen und Ionen im Trinkwasser generell gut dokumentiert (Kalzium, Magnesium, Karbonat,

Sulfat usw.). Anders sieht es bei den meisten natürlichen Spurenstoffen aus, die im Trinkwasser enthalten sind. Einige toxische Spurenstoffe (zum Beispiel Arsen, Uran, Antimon) können bei zu hoher Konzentration gesundheitsschädigend sein. Andere Stoffe sind hingegen für die Gesundheit des Verbrauchers unerlässlich (Zink, Selen, Mangan usw.) und sollten deshalb mit der Nahrung aufgenommen werden. Über seltene Stoffe, die im Trinkwasser vorkommen, sind bedauerlicherweise nur unvollständige Angaben verfügbar, wobei die Lage je nach Kanton sehr unterschiedlich ist. Aus diesem Grund wäre es schwierig, eine landesweite Analyse der gesundheitsschädigenden (oder gesundheitsfördernden) Wirkung dieser Stoffe durchzuführen.

Um hier Abhilfe zu schaffen, lancierte das BAG ein Projekt zur chemischen Charakterisierung der Trinkwasservorkommen in der Schweiz. Das Ziel des Vorhabens ist die Messung der 22 wichtigsten Spurenstoffe *(Abb. 2)* an sämtlichen Wasserfassungen, die mit einem Trinkwasserversorgungsnetz verbunden sind. Diese *systematische Erfassung* begann 2003 im Kanton Wallis; sie wurde bis anhin in den Kantonen BL, GE, GL, NW, OW, SG, SH, SZ, TI, UR und VD abgeschlossen. Dabei wurden über 3800 Stichproben analysiert.

Durch diese Ermittlungen konnten diejenigen geographischen Regionen identifiziert werden, in denen bestimmte Stoffe in erhöhten Konzentrationen vorkommen und deshalb für die Gesundheit der Bevölkerung eine Gefahr darstellen könnten *(Abb. 3)*. Diese Erkenntnisse erweisen sich bei der Suche nach neuen Trinkwasserquellen als nützlich. Mittelfristig ist

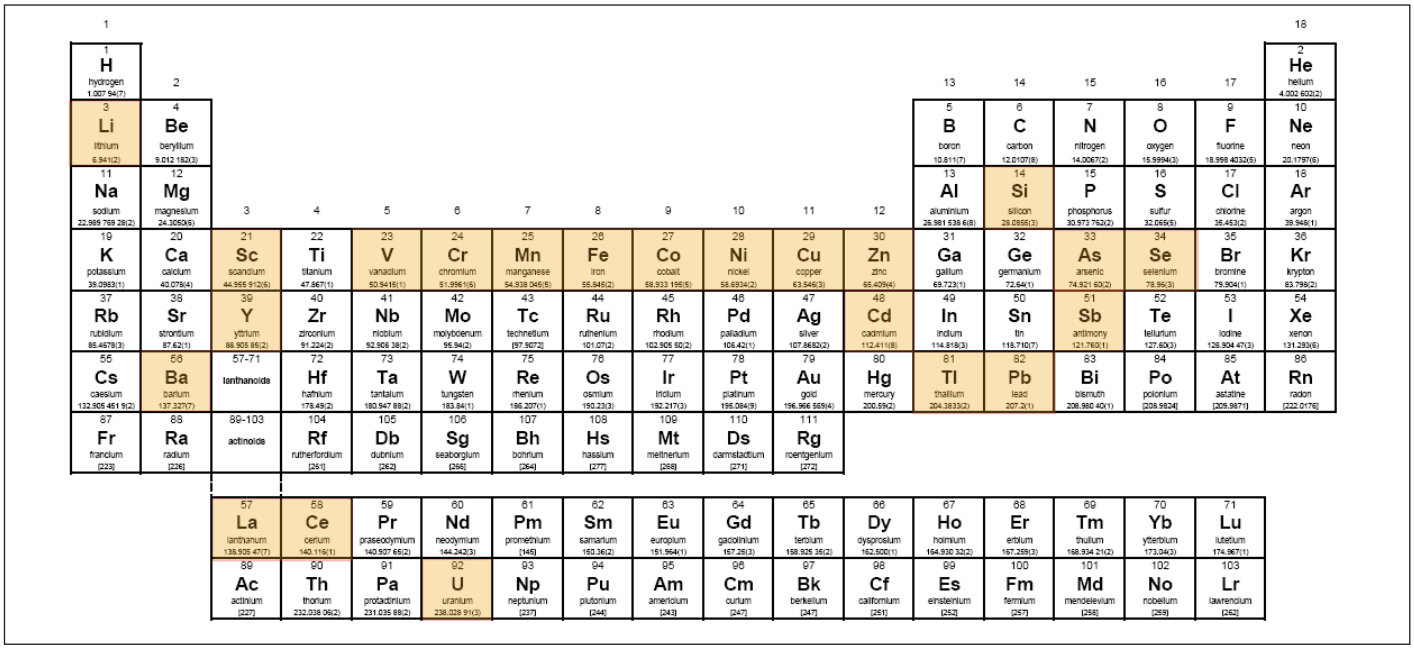

Abb. 2 Periodensystem der Elemente. Die im Projekt analysierten Elemente sind farbig hervorgehoben.

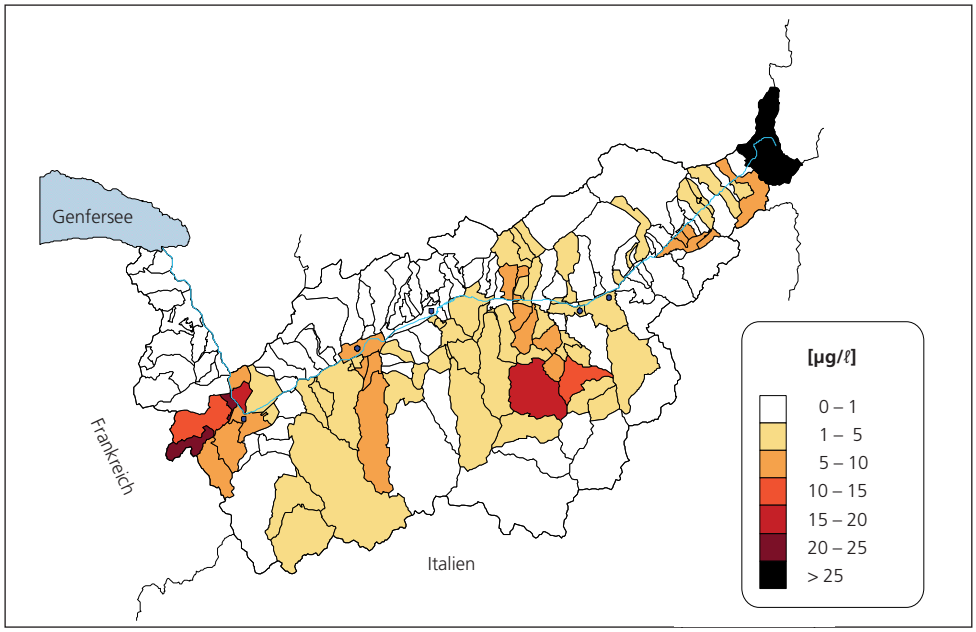

Abb. 3 Graphische Darstellung der durchschnittlichen Arsenkonzentration im Trinkwasser der Walliser Gemeinden [5].

vorgesehen, die Analyseergebnisse in eine nationale *Datenbank* einzuspeisen.

5. Politische und wirtschaftliche Betrachtungen

Die gesetzlichen Bestimmungen über das Wasser sind in verschiedenen Verordnungen zum Lebensmittelgesetz festgehalten. Bei Gesetzen, die vom Parlament verabschiedet werden, ist der Bundesrat oder das Eidgenössische Departement des Innern für die Durchführungsverordnungen zuständig. Die Anhänge zu den Verordnungen des Departements werden teilweise vom BAG angefertigt. Dies gilt namentlich für Listen im Anhang zur Verordnung über die Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (FIV), in der die Höchstkonzentrationen angeordnet werden.
Gesetzlich festgelegte Höchstkonzentrationen können erst nach vorherigen Konsultationen erlassen werden. Die Vertreter der betroffenen Kreise müssen über anstehende Änderungen in Kenntnis gesetzt und dazu angehört werden. Bei Bedarf organisiert das BAG eine Informationsveranstaltung, an der die Neuerungen direkt mit den betroffenen Partnern erörtert werden können. Anlässlich dieser Vernehmlassung werden jeweils verschiedene, oftmals gegensätzliche Meinungen zum Ausdruck gebracht, denn die Auflagen der Aufsichtsbehörden werden von den Wasserversorgungsbetrieben nicht immer geschätzt, und zuweilen stellen die Verbraucher Forderungen, die sich nicht erfüllen lassen. Nach Anhörung der verschiedenen Anliegen muss der Gesetzgeber somit die genannten Forderungen und Interessen gegeneinander abwägen und dabei gesundheitliche, aber auch technische Erwägungen, die von den Betroffenen geliefert wurden, berücksichtigen. In Anwendung des Verhältnismässigkeitsprinzips hat der Gesetzgeber dafür zu sorgen, dass das Risiko für den Verbraucher möglichst gering bleibt, und muss dabei gleichzeitig den Bedürfnissen der interessierten Kreise Rechnung tragen. Ziel des Verfahrens kann nicht sein, Höchstkonzentrationen festzulegen, an die sich die Wasserversorgungsbetriebe gar nicht halten können. Im Extremfall müsste nämlich die Wasserabgabe aus einem Versorgungsbetrieb unterbrochen werden. Die Auswirkungen einer solchen Massnahme könnten weit problematischer sein als die Festlegung eines realistischeren Grenzwerts, der die Sicherheitsmarge, die bei den meisten Kontaminanten jeweils eingehalten wird, leicht verringert.

Tab. 1 FIV-Liste 2 im Vergleich (alle Angaben in mg/kg).

Stoff	TW	GW	WHO 2nd	WHO 3rd+	EG R 98/83 kons.	BRD Stand 31.10.2006
Aluminium, Al	0,2		0,2 (nh)	0,1 - 0,2 (nh)	0,2	0,2
Antimon, Sb	0,005[a]		0,005 (P)	0,02	0,005	0,005
Arsen, As		0,05	0,01 (P)[b]	0,01 (P)	0,01	0,01
Blei, Pb		0,01[c]	0,01	0,01	0,01[d]	0,01[d]
Barium, Ba			0,3	0,7		
Bor, B			0,3	0,5 (T)	1	1
Cadmium, Cd		0,005	0,003	0,003	0,005	0,005
Chrom (VI), Cr		0,02	0,05 (P)	0,05 (P)	0,05	0,05
Eisen, Fe	0,3		2 (C)	normalerweise kein Gesundheitsproblem (C)	0,2	0,2
Kupfer, Cu	1,5		2 (P)	2	2	2
Mangan, Mn	0,05[e]		0,5 (P, C)	0,4 (C)	0,05[d]	0,05[d]
Molybdän, Mo			0,07	0,07		
Natrium, Na			normalerweise kein Gesundheitsproblem; Akzeptanzprobleme ab ca. 200	normalerweise kein Gesundheitsproblem; Akzeptanzprobleme ab ca. 200	200	200
Nickel, Ni			0,02	0,07	0,02[d]	0,02[d]
Quecksilber, Hg		0,001	0,001[f]	0,006[f]	0,001	0,001
Selen, Se		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Silber, Ag	0,1		0,1[g]	Daten ungenügend		
Uran, U [h]			Daten ungenügend	0,015		
Zink, Zn	5		normalerweise kein Gesundheitsproblem (C); Akzeptanzprobleme ab ca. 3	normalerweise kein Gesundheitsproblem (C); Akzeptanzprobleme ab ca. 3-5		

Es sind nicht alle Stoffe aufgeführt, welche von der WHO beurteilt wurden.
WHO:
(A) Provisorischer Guideline-Wert, wenn der berechnete Wert tiefer als die gängige Bestimmungsgrenze ist.
(C) Die Konzentration bei oder unterhalb des gesundheitsbasierten Guideline-Wertes kann Geruch, Geschmack oder Aussehen des Wassers so beeinträchtigen, dass Benutzerreklamationen zu erwarten sind.
(D) Provisorischer Guideline-Wert, da es wahrscheinlich ist, dass durch Desinfektion eine Überschreitung des Wertes verursacht wird.
(P) Provisorischer Guideline-Wert; es gibt Belege für ein Risiko; die verfügbare Information betreffend gesundheitliche Auswirkungen ist jedoch beschränkt.
(T) Provisorischer Guideline-Wert, wenn der berechnete Wert tiefer ist als derjenige, welcher mit praktikablen Behandlungsmethoden und Massnahmen erreicht werden kann.
(nh) Nicht gesundheitsbasierter Wert; abgeleitet von technischer Machbarkeit.

WHO 3rd+ = Dritte Edition inklusive erstes Addendum: 2006
WHO 2nd = Zweite Edition (ohne Addenden): 1996

gelb hinterlegt bei EG: Indikatorparameter gemäss Teil C
gelb hinterlegt bei BRD: Indikatorparameter gemäss Anlage 3

a laufende Revision, noch nicht in Kraft
b zusätzliches Hautkrebsrisiko lebenslang 6×10^{-4}
c ab Wasserhahnen, nach 5 Minuten laufen lassen
d Probe muss für die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch den Verbraucher repräsentativ sein.
e gilt nicht für Mineralwasser
f anorganisch
g Normalerweise ist Silber nicht in nennenswerten Konzentrationen im Trinkwasser vorhanden. Es ist aber denkbar, dass in speziellen Situationen Silbersalze eingesetzt werden, um eine geeignete bakteriologische Qualität des Wassers zu erhalten.
h hier nicht primär als Radionulklid, sondern «chemisch»

Das Ergebnis der Interessenabwägung wird in Form eines Vorschlags mit neuen Höchstwerten vorgelegt. Falls die Verabschiedung dieser Höchstwerte schwerwiegende materielle Folgen nach sich zieht, kann sich der Vorsteher des betreffenden Departements oder der Bundesrat mit der Frage befassen. In Fällen, in denen der neue Höchstwert eine Verschärfung gegenüber dem früheren Zustand darstellt, wird in der Regel eine Übergangsfrist gewährt. Diese Frist beträgt in der Schweiz

Tab. 2 FIV-Liste 4 im Vergleich (alle Angaben in mg/kg).

Stoff	TW	GW	WHO 2nd	WHO 3rd+	EG R 98/83 kons.	BRD Stand 31.10.2006
Acrylamid			0,0005[a]	0,0005[a]	0,0001	0,0001
Ammonium	0,5 0,1		kein gesundheits-basierter Wert	kein gesundheits-basierter Wert	0,5	0,5[b]
Benzen (Benzol)	0,001		0,01[a]	0,01[a]	0,001	0,001
Benzo[a]pyren	siehe Polyzyklische aromatische Kohlen-wasserstoffe		0,0007[a]	0,0007[a]	0,00001	0,00001
Bromat	0,01		0,0025[c]	0,01[a] (A,T)	0,01	0,01
Bromdichlormethan		0,015	0,06[a]	0,06[a]	siehe Trihalogen-methane	siehe Trihalogen-methane
Chlor, freies	0,1		5 (C)	5 (C)		
Chloralhydrat (Hydrat von Trichloracetaldehyd)			0,01(P)	(BT)		
Chloramin (Monochloramin)			3	3		
Chlorat	0,2		Daten ungenügend	0,7 (D)		
Chlordioxid	0,05		kein Wert vorgeschlagen [d]	kein Wert vorgeschlagen [d]		
Chlorid			Geschmacksgrenze ca. 250	Geschmacksgrenze ca. 250	250	250
Chlorit	0,2		0,2 (D)	0,7 (D)		
Dibromchlormethan		0,1	0,1	0,1	siehe Trihalogen-methane	siehe Trihalogen-methane
Dichloramin			Daten ungenügend	Daten ungenügend		
1,2-Dichlorethan		0,003	0,03[a]	0,03[a]	0,003	0,003
1,1-Dichlorethen		0,03	0,03	(BT)[e]		
1,2-Dichlorethen		0,05	0,05	0,05		
Dichlormethan		0,02	0,02	0,02		
Epichlorhydrin (1-Chlor-2,3-epoxypropan)			0,0004 (A)	0,0004 (P)	0,0001	0,0001
EDTA (Ethylendiaminotetraes-sigsäure)	0,005	0,2	0,2 (P)	0,6		
Ethylbenzen (Ethylbenzol)	siehe Kohlenwasser-stoffe, wasserlösliche		0,3 (C)	0,3 (C)		
Fluoranthen	siehe Polyzyklische aromatische Kohlen-wasserstoffe			(BT)[f]		
Fluorid	1,5		1,5	1,5	1,5	1,5
Formaldehyd			0,9[g]	(BT)		
Grenzflächenaktive Stoffe	0,1					
Halogenkohlenwasser-stoffe, flüchtige	0,02[h] 0,008[i]					
Hydrazin		0,005				
Hydrogencyanid (Cyanid)		0,05	0,07[j]	0,07[j]	0,05[j]	0,05[j]
Kohlenwasserstoffe, schwerlösliche	0,02[k]					
Kohlenwasserstoffe, wasserlösliche	0,001[l]					
Nitrat	40		50[m]	50[n, m]	50[o]	50[o]
Nitrit	0,1		3[m]	3[n, m] 0,2[p]	0,5[o]	0,5[o]
NTA (Nitrilotriessigsäure)	0,003	0,2	0,2	0,2		
Oxidierbarkeit					5[q]	5[q]
Ozon	0,05					
Pestizide, je Substanz (Pflanzenschutzmittel und bio-zidprodukte)	0,0001				0,0001	0,0001
Pestizide, Summe (Pflanzenschutzmittel und bio-zidprodukte)	0,0005				0,0005	0,0005
Phenole	0,005[r]					
Phenole, wasser-dampfflüchtige	0,01[s]					
Phosphate	1					
Polyzyklische aroma-tische Kohlenwasserstoffe	0,0002[t]				0,0001[u]	0,0001[u]
Silikate	10 5					
Styren (Styrol)			0,02 (C)	0,02 (C)		
Sulfat			Geschmackgrenze 250		250	240
Tetrachlorethen (Perchlore-thylen, Per)		0,04	0,04	0,04		
Tetrachlorethen + Trichlo-rethen					0,01	0,01
Tetrachlormethan		0,002	0,002 (0,06[a])	0,004		
TOC (organisch gebundener Kohlenstoff)					ohne anormale Veränderung	ohne anormale Veränderung

gewöhnlich ein bis zwei Jahre ab dem Inkrafttreten der neuen Regelung, sofern keine akute Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung besteht.

6. Europakompatible Werte

Die europäische Gesetzgebung spielt bei der Weiterentwicklung neuerer Gesetzesbestimmungen eine zunehmend wichtige Rolle. Nach Möglichkeit sollte die Änderung von gesetzlichen Vorschriften eine Harmonisierung des schweizerischen Rechts mit der europäischen Gesetzgebung über «Wasser für den menschlichen Gebrauch» erleichtern. Falls in der heutigen Zeit neue Werte nicht «europakompatibel» sein sollten, müsste unbedingt dargelegt werden können, welche spezifischen Verhältnisse die Einführung besonderer Werte für die Schweiz erforderlich machen.

Die europäische Trinkwasser-Richtlinie 98/83/EG [6] enthält in ihrem Anhang 1, Teil B, eine Liste mit Grenzwerten für chemische Parameter. Bei der Einführung der Richtlinie erhielten die Mitgliedstaaten eine dreijährige Frist, um die Voraussetzungen für die Erfüllung der Vorschriften zu schaffen. In einigen Fällen konnten nationale Regierungen eine einmalige oder gar zweimalige Erstreckung dieses dreijährigen Zeitraums für die Zulassung von Abweichungen bei gewissen Parameterwerten erwirken. Beispielsweise beträgt der Grenzwert für Blei 10 µg/ℓ und wird 2013, das heisst nach einer Übergangsfrist von 15 Jahren, in Kraft treten. Ausschlaggebend für die Einräumung derartiger Fristen ist, dass die Erfüllung bestimmter chemischer Kriterien aufwändige Verbesserungen bei der Wasserversorgung oder -verteilung erfordert. Für umfassende Sanierungen der Wasserleitungsnetze müssen die Versorgungsbetriebe erhebliche Investitionen tätigen. Dieser *Investitionsaufwand* ist der Hauptgrund zur Rechtfertigung derart langer Übergangsfristen bei Parametern mit erwiesener Toxizität.

In den *Tabellen 1* und *2* werden die Listen 2 und 4 der FIV mit den «Guidelines» der WHO, der Trinkwasserrichtlinie der EG und den in Deutschland geltenden Vorschriften verglichen. Insgesamt sind die Differenzen eher klein; aber im Einzelfall können auch kleine Unterschiede grosse Auswirkungen bzw. Kostenfolgen haben. Der direkte Vergleich ist nicht immer einfach. Zusätzlich zum Wert muss auch die Definition im Detail verglichen werden. Als Beispiel sei hier die Regelung für *Polyzy-*

klische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) angeführt. Gemäss Wert in der *Tabelle 2* scheint die schweizerische Regelung etwas weniger streng zu sein. Bei der schweizerischen Regelung wird jedoch Fluoranthen im Gegensatz zur EG beim Summenwert mitberücksichtigt. Dies hat zur Folge, dass der schweizerische Wert wohl in den meisten Fällen eher strenger ist, insbesondere, wenn die Verunreinigung von Kohlenteerbeschichtungen herrührt.

FIV-Revision

a) Metalle und Metalloide (FIV-Liste 2, Tab. 1)
In der momentanen FIV-Revision wird nicht viel geändert. *Antimon* wird neu mit einem TW von 0,005 mg/kg geregelt. Dies entspricht dem Höchstwert in der EG-Richtlinie. Da dieser Wert nach heutigem Wissenstand in der Schweiz problemlos eingehalten werden kann, wird im Moment von einer Regelung mit Grenzwert auf höherem Niveau (0,2 mg/kg oder höher, je nachdem wie viel Ausschöpfung des TDI dem Wasser zugeordnet wird) abgesehen.
Sobald die Datenlage aus den Untersuchungen des BAG ausreichend ist, sollte entschieden werden, ob der Grenzwert für *Arsen* beibehalten oder gesenkt wird. Nach einer allfälligen Senkung muss den Wasserversorgern genügend Zeit zugestanden werden, um die neuen Anforderungen erfüllen zu können.
Auch die Entscheidung, ob eine Regelung für *Uran* (unabhängig vom Wert betreffend Strahlenschutz, also primär als chemisches Risiko) eingeführt werden soll, sollte so bald wie möglich gefällt werden.
Weiter muss auch entschieden werden, ob eine Regelung für *Nickel* und *Bor* sinnvoll ist oder nicht.
Gelegentlich sollte evtl. auch eine präzisere Vorgabe für die Probenahme für die Bestimmung von Stoffen, welche im Verteilungsnetz ansteigen können (insbesondere Stoffe, welche aus Wasserleitungen und Armaturen migrieren) ausgearbeitet werden.

b) Organische Stoffe, Anionen, weitere Stoffe (FIV-Liste 4, siehe Tab. 2)
Nach Einschätzung der Autoren sind in der FIV-Liste 4 eher zu viele Stoffe aufgeführt. Man könnte wohl insbesondere die Anzahl der aufgeführten *Halogenkohlenwasserstoffe* (vergleiche auch Desinfektionsnebenprodukte) reduzieren. Es ist wenig sinnvoll, gleichzeitig einen Summenwert und auch noch viele Einzelwerte vorzugeben. Gemäss *Kapitel 2* sollte ein Wert in der FIV nur geregelt werden, wenn er auch

Tab. 2 Fortsetzung

Stoff	TW	GW	WHO 2nd	WHO 3rd+	EG R 98/83 kons.	BRD Stand 31.10.2006
Toluen (Toluol)	siehe Kohlenwasserstoffe, wasserlösliche		0,1 (C)	0,7 (C)		
Tribrommethan (Bromoform)		0,1	0,1	0,1	siehe Trihalogenmethane	siehe Trihalogenmethane
Trichloramin			Daten ungenügend	Daten ungenügend		
1,1,1-Trichlorethan		2	2 (P)	(BT)[v]		
Trichlorethen (Trichlorethylen, Tri)		0,07	0,07 (P)	0,02 (P)		
Trichlormethan (Chloroform)		0,04	0,2[a]	0,3	siehe Trihalogenmethane	siehe Trihalogenmethane
Trihalogenmethane (Bromoform, Chloroform, Dibromchlormethan, Bromdichlormethan)			siehe Fussnote[w]	siehe Fussnote[w]	0,1	0,05
Trübung (Schwebstoffe)	1[x]		kein Wert; so tief wie möglich; Verbraucherakzeptanz meist bis ca. 5[x]	kein Wert; für wirksame Desinfektion < 0,1; Verbraucherakzeptanz meist bis ca. 5[x]	1[x]	1[x]
Vinylchlorid (Chlorethen)			0,005[a]	0,0003[a]	0,0005	0,0005
Xylene (1,2-, 1,3- und 1,4-Dimethylbenzen)	siehe Kohlenwasserstoffe, wasserlösliche		0,5 (C)	0,5 (C)		

Es sind nicht alle Stoffe aufgeführt, welche von der WHO beurteilt wurden.
Bei den Desinfektionsnebenprodukten sind z. B. die chlorierten Essigsäuren, die Chlor-Acetone und die Halogen-Acetonitrile nicht aufgeführt.
WHO:
(A) Provisorischer Guideline-Wert, wenn der berechnete Wert tiefer als die gängige Bestimmungsgrenze ist.
(BT) Kommt in der Regel im Trinkwasser nur in Konzentrationen vor, welche klar unterhalb der Grenze liegen, bei welcher mit toxischen Effekten gerechnet werden muss.
(C) Die Konzentration bei oder unterhalb des gesundheitsbasierten Guideline-Wertes kann Geruch, Geschmack oder Aussehen des Wassers so beeinträchtigen, dass Benutzerreklamationen zu erwarten sind.
(D) Provisorischer Guideline-Wert, da es wahrscheinlich ist, dass durch Desinfektion eine Überschreitung des Wertes verursacht wird.
(P) Provisorischer Guideline-Wert; es gibt Belege für ein Risiko; die verfügbare Information betreffend gesundheitliche Auswirkungen ist jedoch beschränkt.
(T) Provisorischer Guideline-Wert, wenn der berechnete Wert tiefer ist als derjenige, welcher mit praktikablen Behandlungsmethoden und Massnahmen erreicht werden kann.
(nh) Nicht gesundheitsbasierter Wert; abgeleitet von technischer Machbarkeit.

WHO 3rd+ = Dritte Edition inklusive erstes Addendum: 2006
WHO 2nd = Zweite Edition (ohne Addenden): 1996

gelb hinterlegt bei EG: Indikatorparameter gemäss Teil C
gelb hinterlegt bei BRD: Indikatorparameter gemäss Anlage 3

a Entspricht bei lebenslanger Exposition einem berechneten zusätzlichen Krebsrisiko von 10^{-5}.
b Geogen bedingte Überschreitungen bleiben bis zu einem Grenzwert von 30 mg/kg ausser Betracht.
c Entspricht bei lebenslanger Exposition einem berechneten zusätzlichen Krebsrisiko von 7×10^{-5}.
d Festgelegter Wert für Chlorit bietet auch genügend Sicherheit für Chlordioxid; Geruchsschwelle ca. bei 0,4 mg/kg.
e Der abgeleitete Guideline-Wert wäre 0,14 mg/kg.
f Der abgeleitete Guideline-Wert wäre 0,004 mg/kg, bei einer Zuweisung von 1 % des TDI zu Trinkwasser.
g Die mögliche inhalative Exposition z.B. beim Duschen wurde nicht berücksichtigt.
h Summe, berechnet als Chlor, wenn Wasser gechlort wurde. Wert macht nur im Zusammenhang mit der SLMB-Methode 27A_41.1.1 Sinn.
i Summe, berechnet als Chlor; aus Umweltkontamination stammend. Wert macht nur in Zusammenhang mit der SLMB-Methode 27A_41.1.1 Sinn.
j Cyanid (ergibt 3–4 % Unterschied)
k Es ist nicht ganz klar, welche Stoffe da gemeint sind. Primär geht es wohl um Stoffe aus Dieselöl und Heizöl. Vergleiche SLMB-Methode 27A_40.2.
l Es ist nicht ganz klar, welche Stoffe da gemeint sind. Primär geht es wohl um Benzol, Toluol, Ethylbenzol; Xylole und evtl. auch noch Naphthalin; also um Stoffe aus Treibstoffen oder Heizöl. Vergleiche SLMB-Methode 27A_40.1.
m C-Nitrat/GV-Nitrat + C-Nitrit/GV-Nitrit ≤ 1
n Schutz gegen Methämoglobinämie bei flaschenernährten Säuglingen (kurzzeitige Exposition)
o Am Ausgang des Wasserwerks darf Nitrit nicht grösser als 0,1 sein; zusätzlich gilt: [Nitrat]/50 + [Nitrit]/3 ≤ 1 (Ausdrücke in eckigen Klammern stehen für Konzentrationen im mg/kg).
p provisorisch, Langzeitexposition
q mg/ℓ O_2; nur falls TOC nicht bestimmt wird
r Es ist nicht ganz klar, welche Substanzen da subsummiert sind. Der Wert macht nur im Zusammenhang mit einer Konventionsmethode einen gewissen Sinn.
s Der Wert macht nur im Zusammenhang mit der SLMB-Methode 27A_39.1 Sinn. Dabei ist nicht völlig klar, was da alles genau mitbestimmt wird.
t Summe von Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen, Indeno[1,2,3-cd]pyren
u Summe von Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen, Indeno[1,2,3-cd]pyren
v Der abgeleitete Guideline-Wert wäre 2 mg/kg.
w Die Summe der Verhältnisse der Einzelwerte zu den entsprechenden Guideline-Werten sollte nicht grösser als 1 sein.
x nicht mg/kg, sondern gemessen als TE/F 90° bzw. als NTU (ist dasselbe)

mit einer relevanten Wahrscheinlichkeit als Problemfall auftritt. Wenn relevante spezifische Kontaminationen festgestellt werden, muss auch im Zusammenhang mit der Eruierung der Ursache auf jeden Fall eine umfassendere Untersuchung des Stoffspektrums mit einer allfälligen individuellen Risikobewertung erfolgen. Es soll nicht Zweck der FIV sein, alle erdenklichen potenziellen Problemsituationen zu regeln. Sicher geregelt bleiben müssen die häufig auftretenden Umweltkontaminanten *Tetrachlorethen* und *Trichlorethen.* Hier könnte man evtl. auch die Summenregelung gemäss EG übernehmen. Auf jeden Fall muss der Höchstwert für Trichlorethen gemäss neuerer Einschätzung der WHO nach unten angepasst werden.

Bei den *PAK* (inklusive Benzo[a]pyren) könnte man wohl ohne Probleme die EG-Regelung übernehmen. Dies wäre keine grosse Änderung.

Handlungsbedarf besteht auch bei den Werten für *Kohlenwasserstoffe.* Es handelt sich dabei um zu wenig klar definierte Summenwerte, welche offenbar insbesondere die Verunreinigung mit *Erdölprodukten* wie Benzin, Dieselöl und Heizöl limitieren sollen. Es ist abzuklären, ob es diese Werte überhaupt braucht. Falls Summenwerte beibehalten werden, müssen sie klarer definiert oder eindeutig mit einer zeitgemässen Methode verknüpft werden. Evtl. kann man sich auch auf einige wenige Markersubstanzen beschränken.

Auch die Regelung der *Phenole* sollte überprüft werden. Dieser Qualitätsparameter gehört wohl eher nicht in die FIV. Phenole werden in Kombination mit einer Chlorung zu einem organoleptischen (Geruch und Geschmack) Problem.

Auch die Regelung der *Desinfektionsrückstände* und Desinfektionsnebenprodukte sollte überprüft werden. Gemäss WHO ist eine korrekte mikrobiologische Qualität des Wassers immer höher zu gewichten als mögliche Rückstandsprobleme. Auf die Regelung von *Ozon* könnte wohl verzichtet werden. Evtl. könnte auch die Regelung von *Chlordioxid* allein durch Kontrolle der Umsetzungsprodukte erfolgen. Eine Beschränkung von Chlorit beschränkt auch Chlordioxid genügend stark (zumindest aus toxikologischer Sicht). Limitierend wirkt hier auch die organoleptische Akzeptanz. Die Höchstwerte von *Chlorit* und *Chlorat* könnten evtl. etwas angehoben werden, sofern dies organoleptisch (Zusammenhang mit Chlordioxid) akzeptiert wird. Die *Desinfektionsnebenprodukte* (gewisse halogenierte Substanzen) sind in der Schweiz in der Regel auf einem akzeptabel tiefen Niveau zu halten. Hier könnte evtl. auch die Summenregelung für *Trihalomethane* gemäss EG-Richtlinie übernommen werden.

Weiter wäre noch zu überlegen, ob die Einführung von Regelungen für die folgenden Substanzen sinnvoll wäre: *Acrylamid, Epichlorhydrin, Vinylchlorid.* Auch die Einführung eines Höchstwertes für *Microcystine* muss überlegt werden. Ein solcher Wert würde in der FIV wohl in Liste 5 platziert werden.

7. Ausblick und Schlussfolgerung

Die Entwicklung bei den Analysenmethoden erlaubt den Nachweis von Substanzen in immer tieferen Konzentrationen. Ein Nachweis im Bereich von Nanogramm/Liter ist heute für die meisten Substanzen gut machbar, auch Picogramm/Liter (tausendmal weniger) und noch tiefere Konzentrationen sind bei einigen Substanzen bei entsprechendem Aufwand messbar. Gewisse Kreise scheinen manchmal zu vergessen, dass die Nachweisbarkeit einer Substanz in erster Linie von der angewandten Analytik abhängt und direkt nichts mit einer Gefährdung zu tun hat. Betreffend Gefährdungspotenzial für den Menschen ist die Anwesenheit von Stoffen im Konzentrationsbereich unterhalb von einigen Mikrogramm/Liter bis Nanogramm/Liter in den meisten Fällen völlig belanglos (vergleiche TTC, Kap. 2).

Durch diese Analyse von Spurenstoffen werden gemeinhin anerkannte Bewertungskriterien in Frage gestellt. So stand beispielsweise im Jahresbericht 2006 des Genfer *Service de protection de la consommation* [7] zu lesen, dass im Genfersee über 40 Pestizide vorkommen, was eine Zunahme gegenüber den Vorjahren bedeute. Zudem wurde darauf hingewiesen, dass die Summe all dieser Pestizide im Seewasser eine Konzentration von 400 ηg/Liter ausmache. Derartige Meldungen scheinen das Bestehen eines Problems für die Gesundheit der Bevölkerung aufzudecken, da ja der Kanton Genf 80 % seines Trinkwassers aus dem See bezieht. Tatsache ist jedoch, dass die Konzentration der nachgewiesenen Pestizidrückstände im aufbereiteten Trinkwasser (für dieses sind die Werte anwendbar) weit unter den FIV-Toleranzwerten liegt. Zudem ist es unlogisch, die Summe der ermittelten Rückstände zu bilden, da die additive Wirkung der betreffenden Substanzen toxikologisch nicht erwiesen ist. Das BAG muss sich jedoch mit derartigen Behauptungen befassen, die ein beträchtliches Mass an Verunsicherung auslösen. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass die Risikowahrnehmung der Bevölkerung vom tatsächlichen Risiko, das anhand zuverlässiger toxikologischer Bewertung ermittelt wird, stark abweichen kann. Eine eminent wichtige Aufgabe der Behörden besteht folglich darin, Fakten an die Öffentlichkeit zu tragen, die durch fundierte, aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse abgestützt sind.

Gesetzliche Auflagen, die aus wissenschaftlichen Entdeckungen abgeleitet werden, können für die Technologie, die von Wasserversorgungsbetrieben eingesetzt wird, weitreichende Konsequenzen haben. Wenn die Versorgungsbetriebe immer kompliziertere Verfahren anwenden müssten, um neue Anforderungen zu erfüllen, entstünden möglicherweise hohe Investitionskosten, die auf den Wasserpreis übergewälzt werden müssten. Da das Trinkwasser ein Gut ist, das der ganzen Bevölkerung zugänglich sein muss, ist es unbedingt erforderlich, zusätzliche Auflagen wissenschaftlich begründen zu können.

Die Festlegung von Höchstkonzentrationen in einer nationalen Gesetzgebung ist ein relativ langwieriger Prozess. Er basiert auf anerkannten wissenschaftlichen Evaluationen, die in erster Linie dazu dienen, die Toxizität einer analysierten Substanz zu ermitteln. Das Ergebnis dieser Risikoanalyse ist entscheidend für die Festlegung eines Konzentrationsgrenzwertes für Fremdstoffe, der nicht überschritten werden darf. Damit soll sichergestellt werden, dass das fragliche Wasser keine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellt. Zudem können Toleranzwerte festgelegt werden, um zu verhindern, dass es zu einer unnötigen Kontamination kommt. Mit den heutigen Aufbereitungsmöglichkeiten sowie mit dem Schutz der Wasserressourcen kann nicht nur ein sicheres Produkt, sondern auch eine einwandfreie organoleptische Qualität sichergestellt werden. Die Versorgung der gesamten Bevölkerung mit qualitativ gutem Trinkwasser ist auch ein wichtiges Ziel der schweizerischen Gesetzgebung über Trinkwasser.

Nützliche Links

- Bundesamt für Gesundheit (BAG). Wasser: *www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00171/01708/index.html?lang=de*
- Europäische Umweltkommission *http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/index_en.html*
- Environmental Protection Agency (EPA). Ground water & drinking water. *www.epa.gov/safewater/*
- Umweltbundesamt (UBA). Wasser, Trinkwasser und Gewässerschutz. *www.umweltbundesamt.de/wasser-und-gewaesserschutz/index.htm*
- World Health Organization (WHO). Chemical hazards in drinking-water. *www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/*

Literaturverzeichnis

[1] *ILSI Europe* (2000): The acceptable daily intake. A tool for ensuring food safety. p. 1–38. *http://europe.ilsi.org/publications/Monographs/ADI_FoodSafety.htm*

[2] *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.ilsi.org/publications/Monographs/ThresholdToxicologicalConcern.htm*

[3] *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.

[4] *EDI* (1995): Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV). Stand am 10. Oktober 2006. *www.admin.ch/ch/d/sr/c817_021_23.html*

[5] *Haldimann, M.; Pfammatter, E.; Venetz, P.-M.; Studer, P.; Dudler, V.* (2005): Occurence of arsenic in drinking water of the canton of Valais, Mitt. Lebensm. Hyg. 96 89.105.

[6] *Europäische Kommission* (1998): Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L330/32–54. *http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/index_en.html*

[7] *Service de protection de la consommation, Genève* (2006): Résidus de pesticides dans les eaux, Rapport annuel 2006.

Keywords

Risikobewertung – Kontaminanten – Trinkwasser – Fremd- und Inhaltsstoffbewertung

Adresse der Autoren

Pierre Studer
Lebensmittelingenieur ETH
Tel. +41 (0)31 323 31 05
Fax +41 (0)31 322 95 74
pierre.studer@bag.admin.ch

Beat Brüschweiler, Dr. sc. nat. ETH
beat.brueschweiler@bag.admin.ch

Vincent Dudler, Dr. rer. nat.
vincent.dudler@bag.admin.ch

Otmar Zoller, Dr. sc. nat. ETH
otmar.zoller@bag.admin.ch

Bundesamt für Gesundheit
Abteilung Lebensmittelsicherheit
Postfach
CH-3003 Bern