

# TOXIKOLOGISCHE BEWERTUNGEN

**ISBN 0937-4248**

**TOXIKOLOGISCHE BEWERTUNG**

**Ausgabe 11/00**

ISSN 0937-4248

# **Tetrafluorbor-      Nr. 136** **säure und Salze**

CAS-Nr. 16872-11-0

CAS-Nr. 13755-29-8

CAS-Nr. 13826-83-0

CAS-Nr. 14075-53-7



**BG Chemie**

Berufsgenossenschaft der  
chemischen Industrie

ISSN 0937-4248

Die Erstellung der TOXIKOLOGISCHEN BEWERTUNGEN ist nach bestmöglicher Sorgfalt erfolgt, jedoch ist eine Haftung bei fehlerhaften Angaben oder Bewertungen ausgeschlossen.

© Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, vorbehalten. Nachdrucke - auch auszugsweise - nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie.

Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie  
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg  
Telefon: 06221 523 (0) 400  
E-Mail: [praevention@bgchemie.de](mailto:praevention@bgchemie.de)  
Internet: [www.bgchemie.de](http://www.bgchemie.de)

# Tetrafluorborsäure und Salze

## Tetrafluoroboric acid and its salts

Abgesehen von der Ätzwirkung, die für die freie Tetrafluorborsäure gegeben ist, wird das systemisch-toxikologische Profil der Verbindungen durch Tetrafluoroborat bestimmt.

### 1 Zusammenfassung und Bewertung

Nach einer Studie aus dem Jahr 1949 ist Natriumtetrafluoroborat beim Menschen nach wiederholter oraler Einnahme gut resorbiert und zu 100 % mit dem Harn ausgeschieden worden. Kaliumtetrafluoroborat hat sich in einer älteren Studie mit intraperitonealer Injektion bei Ratten in den ersten 2 Stunden nach der Verabreichung in der Schilddrüse angereichert.

Tetrafluorborsäure ist nach einmaliger oraler Applikation gesundheitsschädlich bzw. giftig ( $LD_{50}$  Ratte oral zwischen 464 und 1000 mg/kg Körpergewicht (51,5prozentige Lösung) und 100 bis 200 mg/kg Körpergewicht (keine Angabe zur Reinheit);  $LD_{50}$  Maus oral < 50 mg/kg Körpergewicht). In einem Sicherheitsdatenblatt wird für Kaliumtetrafluoroborat ein oraler  $LD_{50}$ -Wert von 5854 mg/kg Körpergewicht für die Ratte mitgeteilt. Nach akuter dermaler Applikation beträgt die  $LD_{50}$  von Tetrafluorborsäure (21,7prozentig) für Meerschweinchen 2,5 bis 5,0 ml/kg Körpergewicht. Für Tetrafluorborsäure sind nach intraperitonealer Applikation  $LD_{50}$ -Werte von 10 bis 25 mg/kg Körpergewicht (Ratten) und < 10 mg/kg Körpergewicht (Mäuse) und für Kaliumtetrafluoroborat von 240 mg/kg Körpergewicht (Ratten), 590 mg/kg Körpergewicht (Mäuse) und 380 mg/kg Körpergewicht (Kaninchen) mitgeteilt worden. Die  $LD_{50}$  nach subkutaner Applikation hat bei Ratten für Natriumtetrafluoroborat ca. 550 mg/kg Körpergewicht betragen. An Vergiftungssymptomen sind nach oraler Applikation von Tetrafluorborsäure Dyspnoe, Sedierung, Ataxie, Freßunlust, Hyporeflexie, verminderter Muskeltonus, Hockstellung und Bauchlage beobachtet worden.

In einer 28-Tage-Studie an männlichen und weiblichen Ratten gemäß OECD-Prüfrichtlinie Nr. 407 mit 14tägiger Nachbeobachtungszeit ist Kaliumtetrafluoroborat in Dosen von 0 (Kontrollen), 20, 80 oder 320 mg/kg Körpergewicht oral appliziert worden. Substanzbedingte Veränderungen

haben sich lediglich bei den hämatologischen Parametern bei den weiblichen Tieren ergeben (signifikanter dosisabhängiger Abfall der Erythrozytenzahl und des Hämatokritwertes ab 80 mg/kg Körpergewicht/Tag, signifikant erniedrigter Hämoglobinwert bei 320 mg/kg Körpergewicht/Tag), die nach einer 14tägigen Nachbeobachtungszeit reversibel gewesen sind. Die Untersuchung der Schilddrüsenhormone nach 8, 28 und 42 Tagen sowie die histopathologische Untersuchung der Schilddrüsen nach 28 und 42 Tagen sind ohne Befund gewesen. Der no observed effect level für männliche Ratten hat in dieser Studie 320 mg/kg Körpergewicht, der für weibliche Ratten aufgrund der Veränderungen der hämatologischen Parameter 20 mg/kg Körpergewicht betragen.

Mit Tetrafluorborsäure (21,7prozentig) sind bei Meerschweinchen Verätzungen an der Haut beobachtet worden. Kaliumtetrafluoroborat wirkt an der Kaninchenhaut und am Kaninchenauge nicht reizend.

Im Salmonella/Mikrosomen-Test zeigt Tetrafluorborsäure an den Salmonella typhimurium-Stämmen TA 98, TA 100, TA 1535, TA 1537 und TA 1538 sowie an Escherichia coli WP2uvrA ohne und mit metabolischer Aktivierung keine genmutagene Wirkung.

In einer älteren Studie an Ratten hat Kaliumtetrafluoroborat die Iod-Aufnahme in der Schilddrüse gehemmt. In der oben beschriebenen 28-Tage-Studie an Ratten ist dagegen kein Einfluß von Kaliumtetrafluoroborat auf die Schilddrüse festgestellt worden.

Bei der Herstellung und beim Umgang mit Tetrafluorborsäure und ihren Salzen sind bei den dort beschäftigten Personen keine Hinweise auf eine Störung der Schilddrüse und auf Beschwerden, wie Hautreizungen, Atemwegbeschwerden, chronischer Schnupfen oder Augentränen, sowie keine Sensibilisierungsfälle beobachtet worden.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt eine vergleichende Übersicht über die vorhandenen toxikologischen Untersuchungen mit Tetrafluorborsäure und ihren Salzen.

**Tabelle 1. Übersicht der toxikologischen Untersuchungen mit Tetrafluorborsäure und ihren Salzen**

Art der Untersuchung	Tetrafluorborsäure	Natrium-tetrafluoroborat	Ammonium-tetrafluoroborat	Kalium-tetrafluoroborat
	(CAS-Nr. 16872-11-0)	(CAS-Nr. 13755-29-8)	(CAS-Nr. 13826-83-0)	(CAS-Nr. 14075-53-7)
<b>Akute Toxizität</b>				
LD <sub>50</sub> oral	51,5prozentige Säure: > 464 < 1000 mg/kg KG (Ratte) 100 bis 200 mg/kg KG (Ratte) < 50 mg/kg KG (Maus)	-	-	5854 mg/kg KG (Ratte)
LD <sub>50</sub> dermal	21,7prozentige Säure: 2,5 bis 5,0 ml/kg KG (Meerschweinchen)	-	-	-
LD <sub>50</sub> intraperitoneal	10 bis 25 mg/kg KG (Ratte) < 10 mg/kg KG (Maus)	-	-	240 mg/kg KG (Ratte) 590 mg/kg KG (Maus) 380 mg/kg KG (Kaninchen)
LD <sub>50</sub> subkutan	-	ca. 550 mg/kg KG (Ratte)	-	-
<b>Subakute Toxizität</b>				
28-Tage-Studie oral	-	-	-	NOEL 320 mg/kg KG (männliche Ratte) NOEL 20 mg/kg KG (weibliche Ratte)
<b>Haut- und Schleimhautverträglichkeit</b>				
Hautreizung	ätzend (Meerschweinchen)	-	-	nicht reizend (Kaninchen)
Augenreizung	-	-	-	nicht reizend (Kaninchen)
<b>Gentoxizität</b>				
in vitro Salmonella/Mikrosomen-Test	negativ (Salmonella typhimurium TA 98, TA 100, TA 1535, TA 1537, TA 1538, Escherichia coli WP2uvrA)	-	-	-
- nicht untersucht KG Körpergewicht NOEL no observed effect level				

*Apart from the corrosion which is seen with free tetrafluoroboric acid, the systemic toxicity profile of these compounds is determined by the tetrafluoroborate anion.*

## **Summary and assessment**

*According to a study published in 1949, sodium tetrafluoroborate is well absorbed in humans after repeated oral administration, and 100% is excreted in urine. Potassium tetrafluoroborate, according to an older study with intraperitoneal injection, accumulates in the thyroid gland of the rat within 2 hours of administration.*

*Single oral administration of tetrafluoroboric acid is harmful or toxic, depending on the source of information ( $LD_{50}$  rat oral ranges from 464 to 1000 mg/kg body weight (51.5% solution) and from 100 to 200 mg/kg body weight (no details of purity);  $LD_{50}$  mouse oral < 50 mg/kg body weight). In a safety data sheet on potassium tetrafluoroborate, an oral  $LD_{50}$  value of 5854 mg/kg body weight is given for the rat. Upon acute dermal application, the  $LD_{50}$  of tetrafluoroboric acid (21.7% pure) in guinea pigs is in the range from 2.5 to 5.0 ml/kg body weight. For intraperitoneal administration of tetrafluoroboric acid,  $LD_{50}$  values are reported as 10 to 25 mg/kg body weight (rat) and < 10 mg/kg body weight (mouse), while values given for potassium tetrafluoroborate are 240 mg/kg body weight (rat), 590 mg/kg body weight (mouse) and 380 mg/kg body weight (rabbit). Following subcutaneous administration of sodium tetrafluoroborate to rats, the  $LD_{50}$  is approx. 550 mg/kg body weight. Signs of intoxication observed after oral administration of tetrafluoroboric acid include dyspnoea, sedation, ataxia, lack of appetite, hyporeflexia, reduced muscle tone, squatting position and prone position.*

*In a 28-day study which was conducted in male and female rats in accordance with OECD guideline No. 407 and included a 14-day observation period, potassium tetrafluoroborate was administered orally at dose levels of 0 (controls), 20, 80 and 320 mg/kg body weight. Substance-related changes were only seen in the females' haematological parameters (significant dose-dependent decreases in erythrocyte count and haematocrit value at and above 80 mg/kg body weight/day, significantly reduced haemoglobin value at 320 mg/kg body weight/day), all being completely reversible after*

*a 14-day observation period. Thyroid hormone determinations at days 8, 28 and 42 were without findings, as was the histopathological examination of the thyroid glands at days 28 and 42. In this study, the no observed effect level for male rats was 320 mg/kg body weight, while that for female rats was 20 mg/kg body weight due to alterations in the haematological parameters.*

*Tetrafluoroboric acid (21.7% pure) has been observed to cause corrosive injury to the skin of guinea pigs. Potassium tetrafluoroborate has no irritant effect on rabbit skin and the rabbit eye.*

*In the Salmonella/microsome test conducted in Salmonella typhimurium strains TA 98, TA 100, TA 1535, TA 1537 and TA 1538 as well as in Escherichia coli WP2uvrA with and without metabolic activation, tetrafluoroboric acid caused no gene mutations.*

*In an older study in rats, potassium tetrafluoroborate inhibited iodine uptake by the thyroid gland. In the 28-day study in rats described above, however, no effect of potassium tetrafluoroborate on the thyroid gland was noted.*

*Workers employed in the production and handling of tetrafluoroboric acid and its salts are reported to have shown no indications of dysthyreosis or of any complaints such as skin irritation, respiratory problems, chronic colds or lacrimation, nor were any cases of sensitisation observed.*

*Table 1 below provides a comparative overview of the available toxicological studies on tetrafluoroboric acid and its salts.*



**Table 1. Overview of toxicological studies on tetrafluoroboric acid and its salts**

Type of study	Tetrafluoroboric acid	Sodium tetrafluoroborate	Ammonium tetrafluoroborate	Potassium tetrafluoroborate
	(CAS No. 16872-11-0)	(CAS No. 13755-29-8)	(CAS No. 13826-83-0)	(CAS No. 14075-53-7)
<b>Acute toxicity</b>				
LD <sub>50</sub> oral	51.5% acid: > 464 < 1000 mg/kg b.w. (rat) 100 to 200 mg/kg b.w. (rat) < 50 mg/kg b.w. (mouse)	-	-	5854 mg/kg b.w. (rat)
LD <sub>50</sub> dermal	21.7% acid: 2.5 to 5.0 ml/kg b.w. (guinea pig)	-	-	-
LD <sub>50</sub> intraperitoneal	10 to 25 mg/kg b.w. (rat) < 10 mg/kg b.w. (mouse)	-	-	240 mg/kg b.w. (rat) 590 mg/kg b.w. (mouse) 380 mg/kg b.w. (rabbit)
LD <sub>50</sub> subcutaneous	-	ca. 550 mg/kg b.w. (rat)	-	-
<b>Subacute toxicity</b>				
28-day study, oral	-	-	-	NOEL 320 mg/kg b.w. (male rat) NOEL 20 mg/kg b.w. (female rat)
<b>Skin and mucous membrane effects</b>				
Skin irritation	corrosive (guinea pig)	-	-	not irritating (rabbit)
Eye irritation	-	-	-	not irritating (rabbit)
<b>Genotoxicity</b>				
in vitro Salmonella/microsome test	negative (Salmonella typhimurium TA 98, TA 100, TA 1535, TA 1537, TA 1538, Escherichia coli WP2uvrA)	-	-	-
- not determined b.w. body weight NOEL no observed effect level				

## 2 Stoffname

2.1	Gebrauchsname	Tetrafluorborsäure Natriumtetrafluoroborat Ammoniumtetrafluoroborat Kaliumtetrafluoroborat
2.2	IUPAC-Name	Tetrafluorborsäure Natriumtetrafluoroborat Ammoniumtetrafluoroborat Kaliumtetrafluoroborat
2.3	CAS-Nr.	16872-11-0 (Tetrafluorborsäure) 13755-29-8 (Natriumtetrafluoroborat) 13826-83-0 (Ammoniumtetrafluoroborat) 14075-53-7 (Kaliumtetrafluoroborat)
2.4	EINECS-Nr.	240-898-3 (Tetrafluorborsäure) 237-340-6 (Natriumtetrafluoroborat) 237-531-4 (Ammoniumtetrafluoroborat) 237-928-2 (Kaliumtetrafluoroborat)

## 3 Synonyme, Trivial- und Handelsnamen

Borate(1-), tetrafluoro-, hydrogen  
Borofluoric acid  
Fluoboric acid  
Hydrofluoboric acid  
Hydrogen tetrafluoroborate  
Tetrafluoroboric acid

Apreton R  
Borate(1-), tetrafluoro-, sodium  
Sodium borofluoride  
Sodium boron tetrafluoride  
Sodium tetrafluoroborate

Ammonium borofluoride  
Ammonium fluoborate  
Ammonium fluoroborate  
Ammonium tetrafluoroborate  
Ammonium tetrafluoroborate(1-)  
Borate(1-), tetrafluoro-, ammonium

Avogadrite  
Borate(1-), tetrafluoro-, potassium  
Potassium borofluoride  
Potassium fluoborate  
Potassium fluoroborate

## 4 Struktur- und Summenformel

4.1 Strukturformel  $\text{H}^+ [\text{BF}_4]^-$   
 $\text{Na}^+ [\text{BF}_4]^-$   
 $[\text{NH}_4]^+ [\text{BF}_4]^-$   
 $\text{K}^+ [\text{BF}_4]^-$

4.2 Summenformel  $\text{HBF}_4$   
 $\text{NaBF}_4$   
 $\text{NH}_4\text{BF}_4$   
 $\text{KBF}_4$

## 5 Physikalisch-chemische Eigenschaften

5.1 Molekularmasse, g/mol 87,81 (Tetrafluorborsäure)  
109,79 (Natriumtetrafluoroborat)  
104,84 (Ammoniumtetrafluoroborat)  
125,91 (Kaliumtetrafluoroborat)

5.2 Schmelzpunkt, °C Tetrafluorborsäure: unter - 78 (50pro-  
zentig) (Riedel-de Haën, 1990 a)  
Natriumtetrafluoroborat: 384  
(Riedel-de Haën, 1990 b)  
Kaliumtetrafluoroborat: 530  
(Riedel-de Haën, 1995)

5.3	Siedepunkt, °C	Tetrafluorborsäure: > 130 unter Zersetzung (50prozentig) (Kali-Chemie, 1990 a)
5.4	Dampfdruck, hPa	keine Information vorhanden
5.5	Dichte, g/cm <sup>3</sup>	<p>Tetrafluorborsäure: 1,32 (bei 25 °C, 43prozentig)</p> <p>1,38 (bei 20 °C, 48prozentig) (Kali-Chemie, 1989)</p> <p>1,38 (bei 20 °C, 50prozentig) (Kali-Chemie, 1990 a)</p> <p>Natriumtetrafluoroborat: 2,470 (bei 20 °C) (Riedel-de Haën, 1990 b)</p> <p>Ammoniumtetrafluoroborat: 1,850 (bei 20 °C) (Riedel-de Haën, 1990 c)</p> <p>Kaliumtetrafluoroborat: 2,500 (bei 20 °C) (Riedel-de Haën, 1995)</p>
5.6	Löslichkeit in Wasser	<p>Tetrafluorborsäure: in jedem Verhältnis mischbar (Kali-Chemie, 1990 a)</p> <p>Natriumtetrafluoroborat: 973 g/l (bei 20 °C) 2100 g/l (bei 100 °C) (Riedel-de Haën, 1990 b)</p> <p>Ammoniumtetrafluoroborat: 250 g/l (bei 20 °C) (Riedel-de Haën, 1990 c)</p> <p>Kaliumtetrafluoroborat: 4,4 g/l (bei 20 °C) (Riedel-de Haën, 1995)</p>
5.7	Löslichkeit in organischen Lösemitteln	keine Information vorhanden
5.8	Löslichkeit in Fett	keine Information vorhanden
5.9	pH-Wert	<p>Tetrafluorborsäure: 1 (50prozentige wäßrige Lösung) (Riedel-de Haën, 1990 a)</p> <p>ca. 1 (bei 8,7 g/l und 20 °C) (EC, 1996)</p> <p>Natriumtetrafluoroborat: ca. 3 (1prozentige Lösung) (Riedel-de Haën, 1990 b)</p> <p>Ammoniumtetrafluoroborat: ca. 3,5 (5prozentige Lösung) (Riedel-de Haën, 1990 c)</p> <p>Kaliumtetrafluoroborat: ca. 5 (bei 4 g/l und 20 °C) (Riedel-de Haën, 1995)</p>

5.10 Umrechnungsfaktor	1 ml/m <sup>3</sup> (ppm) $\triangleq$ 3,58 mg/m <sup>3</sup> 1 mg/m <sup>3</sup> $\triangleq$ 0,28 ml/m <sup>3</sup> (ppm) (Tetrafluorborsäure)
	1 ml/m <sup>3</sup> (ppm) $\triangleq$ 4,48 mg/m <sup>3</sup> 1 mg/m <sup>3</sup> $\triangleq$ 0,22 ml/m <sup>3</sup> (ppm) (Natriumtetrafluoroborat)
	1 ml/m <sup>3</sup> (ppm) $\triangleq$ 4,29 mg/m <sup>3</sup> 1 mg/m <sup>3</sup> $\triangleq$ 0,23 ml/m <sup>3</sup> (ppm) (Ammoniumtetrafluoroborat)
	1 ml/m <sup>3</sup> (ppm) $\triangleq$ 5,14 mg/m <sup>3</sup> 1 mg/m <sup>3</sup> $\triangleq$ 0,19 ml/m <sup>3</sup> (ppm) (Kaliumtetrafluoroborat)
	(bei 1013 hPa und 25 °C für die reinen Produkte)

## 6 Herstellung, Produktionsmenge und Verwendung

### 6.1 Herstellung

Tetrafluorborsäure wird aus Flußsäure und Borsäure in Wasser hergestellt. Die meisten der üblichen Tetrafluoroborate können durch Reduktion von Metalloxiden, Hydroxiden oder Carbonaten mit Tetrafluorborsäure erzeugt werden. Ammoniumtetrafluoroborat wird aus Ammoniak und Tetrafluorborsäure hergestellt (Schwetz und Lipp, 1989).

### 6.2 Hergestellte oder eingeführte Menge

Tetrafluorborsäure: > 1000 t/Jahr (VCI, 1988).

### 6.3 Verwendung

Die hauptsächliche Verwendung von Tetrafluorborsäure besteht in der Herstellung der Tetrafluoroborate. Weiterhin wird Tetrafluorborsäure in der Galvanotechnik, in Eintauchlösungen für die Oberflächenbehandlung von Aluminium, als Abbeizmittel für warmgewalzten Stahl, als Ätzmittel für Silikon und Glas in der Elektronikindustrie eingesetzt. Geschmolzene Alkali- und Ammoniumtetrafluoroborate sind gute Lösungsmittel für Metall-

oxide und werden in Flußmitteln für Lötung und Hartlötung verwendet. Tetrafluorborsäure und Alkalimetallfluoroborate werden auch als Katalysatoren in organischen Synthesen und Polymerisationsreaktionen eingesetzt (Falbe und Regitz, 1990; Schwetz und Lipp, 1989).

## **7 Experimentelle Befunde**

### **7.1 Toxikokinetik und Metabolismus**

#### ***Natriumtetrafluoroborat***

Nach täglicher oraler Einnahme von 6,4 mg Natriumtetrafluoroborat durch eine freiwillige Versuchsperson über einen Zeitraum von 14 Tagen wurden täglich im Mittel 100 % mit dem Harn und 1,6 % mit den Faeces ausgeschieden. Der Fluorid-Gehalt in der Nahrung des Probanden wurde nicht bestimmt. Natriumfluoroborat wird demnach gut resorbiert, das dem Organismus zugeführte Fluorid aber nicht gespeichert. Die Autoren führten das auf eine langsame Hydrolyse des Fluoroborations zurück. In einem anderen Versuch mit 3 Freiwilligen und einer Versuchsdauer von 7 bis 38 Wochen ergaben sich Hinweise auf eine Speicherung des in Form von Natriumtetrafluoroborat aufgenommenen Fluorids. Die Menge betrug weniger als 10 % der vom Blutstrom aufgenommenen Menge (keine weiteren Angaben; Largent und Heyroth, 1949; Largent, 1954).

#### ***Kaliumtetrafluoroborat***

Ratten (ca. 200 g; 4 Tiere/Gruppe) erhielten einmal 5 µg <sup>18</sup>F-markiertes Kaliumtetrafluoroborat intraperitoneal (keine Angabe, ob pro kg Körpergewicht oder pro Tier). Nach 40, 60, 100 und 120 Minuten wurde in verschiedenen Organen die relative spezifische Aktivität (Gewebe-/Blut-Aktivitätsverhältnis) von Tetrafluoroborat bestimmt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2. Relative spezifische Aktivität von <sup>18</sup>F-Kaliumtetrafluoroborat (Gewebe-/Blut-Aktivitätsverhältnis) in Organen von Ratten nach einmaliger intraperitonealer Applikation (Mittelwerte von 4 Ratten)**

Zeit nach der Injektion (Minuten)	40	60	100	120
Muskel	1,93	1,65	1,90	1,42
Leber	1,27	1,34	0,99	1,24
Milz	1,35	1,01	0,85	1,03
Gehirn	0,67	0,23	0,49	0,86
Schilddrüse	12,3	15,7	21,0	36,4

Die höchste Aktivität wies die Schilddrüse auf; sie war nach 2 Stunden 26- bis 42fach höher als in den anderen Organen. Die Erhöhung der Dosis von Kaliumtetrafluoroborat auf 50, 500 oder 1000 µg erhöhte die spezifische Aktivität in der Schilddrüse nicht, sondern verringerte sie gegenüber den Werten nach Applikation von 5 µg, z. B. nach 1000 µg und 210 Minuten ca. um den Faktor 20 (Anbar et al., 1960).

In einer weiteren Studie dieser Arbeitsgruppe zur Verteilung von Kaliumtetrafluoroborat in den verschiedenen Organen wurde männlichen Albino-Ratten (110 bis 150 g schwer; 11 bis 13 Wochen alt) 1 µmol <sup>18</sup>F-markiertes Kaliumtetrafluoroborat/Ratte intravenös injiziert (keine Angaben zur spezifischen Radioaktivität). 120 Minuten nach der Injektion wurden die folgenden relativen spezifischen Aktivitäten (Aktivität pro g Gewebe/Aktivität im Serum) ermittelt: Leber 0,29, Milz 0,37, Nieren 0,60, Lungen 0,60, Muskel 0,14, Gehirn 0,03, Femurdiaphyse 0,26, Femurepiphyse 0,29, Schneidezähne 0,27, Schädelknochen 0,27, Knorpelgewebe 0,30. Weitere relative spezifische Aktivitäten 30, 120 und 240 Minuten nach der Injektion wurden für Serum/injizierter Gesamtdosis mit 1,75, 0,28 bzw. 0,07, für Muskel/Serum mit 0,14, 0,15 bzw. 0,35, für Femurepiphyse/Serum mit 0,35, 0,85 bzw. 1,35 und für Femurepiphyse/Femurdiaphyse mit 1,0, 2,3 bzw. 2,4 mitgeteilt (keine weiteren Angaben; Anbar und Ernst, 1962).

## 7.2 Akute und subakute Toxizität

### ***Tetrafluorborsäure***

Die Untersuchung der akuten oralen Toxizität von Tetrafluorborsäure erfolgte gemäß der OECD-Prüfrichtlinie Nr. 401 an je 5 männlichen und 5 weiblichen Ratten (keine Angaben zum Stamm; Anfangsgewicht zwischen

115 und 170 g). Geprüft wurde eine 51,5prozentige wäßrige Lösung von Tetrafluorborsäure. Die Dosierungen betragen 10, 100, 464 und 1000 mg/kg Körpergewicht und die Nachbeobachtungszeit 14 Tage. 10 mg/kg Körpergewicht wurden symptomlos vertragen. Nach 100 mg/kg Körpergewicht kam es zu Dyspnoe, Sedierung, Freßunlust und bei den männlichen Tieren zu halbgeschlossenen Augen. Die Symptome waren nach 24 Stunden reversibel. Nach 464 mg/kg Körpergewicht wurden Dyspnoe, Sedierung, halb bis ganz geschlossene Augen, Hyporeflexie, Ataxie, Tremor, verminderter Muskeltonus, Hockstellung und Bauchlage, Vokalisation, leicht verminderte lokomotorische Aktivität und glasige Augen beobachtet, doch wurde diese Dosis von allen Ratten überlebt. Nach 1000 mg/kg Körpergewicht verendeten alle Tiere innerhalb von 24 Stunden. Die Sektion der verendeten Ratten ergab starke Hämorrhagien und Ödeme der Magen- und Darmwand sowie gefleckte Lebern. Die Sektion der überlebenden Ratten ergab keine behandlungsbedingten Befunde. Die LD<sub>50</sub> von 51prozentiger Tetrafluorborsäure lag somit zwischen 464 und 1000 mg/kg Körpergewicht und bezogen auf die Reinsubstanz nach Angaben der Autoren zwischen 236,64 und 515 mg/kg Körpergewicht (Kali-Chemie, 1990 b).

Für Tetrafluorborsäure wurde nach oraler Applikation an Ratten (5 Tiere/Gruppe) bei 14tägiger Nachbeobachtungszeit eine approximative LD<sub>50</sub> von 100 bis 200 mg/kg Körpergewicht ermittelt. An Symptomen wurden Schwäche und Ataxie beobachtet. Todesfälle traten zwischen 35 Minuten und einem Tag nach der Applikation auf (keine weiteren Angaben; Eastman Kodak, 1992).

Für Mäuse (5 Tiere/Gruppe) wurde die approximative LD<sub>50</sub> von Tetrafluorborsäure nach oraler Applikation mit < 50 mg/kg Körpergewicht angegeben. Die Nachbeobachtungszeit betrug 14 Tage. An klinischen Symptomen traten Schwäche, Ataxie und Torsionsbewegungen auf. Der Tod trat zwischen 15 Minuten und 9 Tagen nach der Applikation ein (keine weiteren Angaben; Eastman Kodak, 1992).

Bei Meerschweinchen (3 Tiere/Gruppe) betrug nach dermalen okklusiver Applikation von 21,7prozentiger Tetrafluorborsäure bei 14tägiger Nachbeobachtungszeit die approximative LD<sub>50</sub> 2,5 bis 5,0 ml/kg Körpergewicht. Todesfälle traten nach 2 bis 3 Tagen auf. An der Applikationsstelle wurden mäßige Ödeme, dunkelgraue bis schwarze Verfärbungen sowie sehr weiches und erodiertes Gewebe festgestellt. Bei den überlebenden Tieren lö-



ste sich das weiche Gewebe bis tief in die Muskulatur ab und über dem Muskelgewebe bildeten sich harte dunkle Narben, die gut abzuheilen schienen (keine weiteren Angaben; Eastman Kodak, 1992). Somit wirkte die Substanz unter diesen Versuchsbedingungen ätzend.

Nach intraperitonealer Applikation von Tetrafluorborsäure wurde für Ratten (5 Tiere/Gruppe) eine approximative LD<sub>50</sub> von 10 bis 25 mg/kg Körpergewicht berichtet. Die Nachbeobachtungszeit betrug 14 Tage. An klinischen Symptomen wurden Schwäche und Ataxie festgestellt. Todesfälle wurden zwischen 27 Minuten und 9 Tagen nach der Applikation beobachtet (keine weiteren Angaben; Eastman Kodak, 1992).

### ***Natriumtetrafluoroborat***

Für Natriumtetrafluoroborat wurde für die Ratte eine akute subkutane LD<sub>50</sub> von ca. 550 mg/kg Körpergewicht mitgeteilt. Es kam zu Schädigungen des Herzmuskels und zu einem Abfall der Körpertemperatur (keine weiteren Angaben; Druckrey et al., 1973).

### ***Kaliumtetrafluoroborat***

In einem Sicherheitsdatenblatt wird für Kaliumtetrafluoroborat ein oraler LD<sub>50</sub>-Wert von 5854 mg/kg Körpergewicht für die Ratte mitgeteilt (keine weiteren Angaben; Riedel-de Haën, 1995).

Die LD<sub>50</sub> nach einmaliger intraperitonealer Applikation von Kaliumtetrafluoroborat betrug für Ratten 240 (130 bis 460) mg/kg Körpergewicht, für Mäuse 590 (460 bis 750) mg/kg Körpergewicht und für Kaninchen 380 (190 bis 780) mg/kg Körpergewicht (keine weiteren Angaben; Blaisdell, 1955).

In einer Dosisfindungsstudie für eine 28-Tage-Studie wurden je 5 männlichen und 5 weiblichen Wistar-Ratten (Ausgangsgewicht männliche Tiere 190 bis 205 g, weibliche Tiere 149 bis 155 g) an 5 aufeinanderfolgenden Tagen 0 (Kontrollen), 50, 157 bzw. 500 mg Kaliumtetrafluoroborat (Reinheitsgrad 99,4 %)/kg Körpergewicht, formuliert in Polyethylenglykol 400, oral per Schlundsonde appliziert. Klinische Symptome wurden nicht beobachtet. Die Körpergewichtsentwicklung der Tiere der höchsten Dosisgruppe lag leicht, jedoch statistisch nicht signifikant unter der der Kontrollgruppe.

pe. Die absoluten Lebergewichte waren bei den männlichen Tieren in der hohen Dosisgruppe und bei den weiblichen Tieren ab 157 mg/kg Körpergewicht vermindert. Die absoluten Hodengewichte lagen bei der 500 mg/kg-Gruppe unter denen der Kontrollgruppe, während die absoluten und relativen Ovariengewichte ab 157 mg/kg Körpergewicht erhöht waren. Makroskopisch wurden in der höchsten Dosierung bei 9/10 Tieren Anzeichen einer Magenschleimhautverätzung (blasse bzw. schwach rötliche Erosionen, ablösbare weißliche Beläge) beobachtet (Biopharm, 1995).

In der anschließenden 28-Tage-Studie gemäß OECD-Prüfrichtlinie Nr. 407 erhielten je 5 männliche und 5 weibliche Wistar-Ratten (mittleres Ausgangsgewicht männliche Tiere 133,7 bis 137,4 g, weibliche Tiere 124,9 bis 129,0 g) Kaliumtetrafluoroborat (Reinheitsgrad 100,1 %, Lösungsmittel entionisiertes Wasser) in Dosen von 0 (Kontrollen), 20, 80 oder 320 mg/kg Körpergewicht/Tag per Schlundsonde verabreicht. Zusätzlich wurden je 5 männliche und 5 weibliche Tiere/Dosisgruppe für einen Zwischentötungstermin nach 8 Tagen sowie in der Kontrollgruppe und der höchsten Dosisgruppe weitere 5 männliche und 5 weibliche Tiere für eine 14tägige Nachbeobachtungszeit mitgeführt. Die Spiegel der Schilddrüsenhormone Thyroxin, Triiodthyronin und thyreotropes Hormon wurden nach 8 und 28 Tagen sowie nach der Nachbeobachtungszeit in allen Gruppen bestimmt. Der Umfang der histopathologischen Untersuchung entsprach dem der OECD-Prüfrichtlinie Nr. 408, wobei die Schilddrüsen und Nebenschilddrüsen in allen Dosisgruppen lichtmikroskopisch untersucht wurden. Während des Versuches wurden keine Todesfälle beobachtet. Verhalten, klinisches Erscheinungsbild, Körpergewichtsentwicklung, Futter- und Wasserverbrauch blieben unbeeinflusst. Die Untersuchung der klinisch-chemischen Parameter und der Harnparameter zeigte keine behandlungsbedingten Effekte. In keiner Versuchsgruppe und zu keinem Untersuchungszeitpunkt ergaben sich behandlungsbedingte Befunde bezüglich der Schilddrüsenhormone. Die hämatologische Untersuchung zeigte bei den weiblichen Tieren der mittleren und der hohen Dosisgruppe einen leichten, aber statistisch signifikanten Abfall der Erythrozytenzahl und des Hämatokritwertes. Bei den weiblichen Tieren der hohen Dosisgruppe wurden auch erniedrigte Hämoglobinwerte festgestellt. Die Werte für das mittlere Erythrozytenvolumen waren nicht beeinflusst. Nach der 14tägigen Nachbeobachtungszeit waren die Werte bei den hämatologischen Parametern wieder den Kontrollen entsprechend. Veränderungen bei den Organgewichten wurden nicht beob-

achtet. Die makroskopische und die histopathologische Untersuchung der Organe, auch die der Schilddrüsen und Nebenschilddrüsen, waren ohne Befund. Der no observed effect level für die männlichen Ratten betrug somit 320 mg/kg Körpergewicht, der für die weiblichen Ratten aufgrund der Veränderungen bei den hämatologischen Parametern 20 mg/kg Körpergewicht (Hoechst, 1997).

### **7.3 Haut- und Schleimhautverträglichkeit**

#### ***Tetrafluorborsäure***

Tetrafluorborsäure (21,7prozentig) verursachte an der Meerschweinchenhaut Verätzungen (siehe Kapitel 7.2; Eastman Kodak, 1992).

#### ***Kaliumtetrafluoroborat***

Die Hautreizwirkung von Kaliumtetrafluoroborat (keine Angaben zum Reinheitsgrad) wurde gemäß der OECD-Richtlinie Nr. 404 an 3 weiblichen Kaninchen (Weiße Neuseeländer; 2,57 bis 2,70 kg) geprüft. 500 mg der Testsubstanz, angeteigt mit 0,5 ml destilliertem Wasser, zeigten nach 4stündiger Einwirkungszeit unter semiokklusiven Bedingungen keine Reizwirkungen (primärer Reizindex nach Draize 0,0). Kaliumtetrafluoroborat wurde daher als nicht reizend an der Kaninchenhaut bewertet (SafePharm, 1992 a).

Die Applikation von 400 mg Kaliumtetrafluoroborat/kg Körpergewicht bewirkte an der Kaninchenhaut keine Anzeichen von Reizung oder Toxizität (keine weiteren Angaben; Blaisdell, 1955).

In einer nach OECD-Richtlinie Nr. 405 durchgeführten Prüfung der Augenreizwirkung von Kaliumtetrafluoroborat (keine Angaben zum Reinheitsgrad) erzeugten ca. 99 mg der Substanz am Kaninchenauge (Weiße Neuseeländer; 2 weibliche Tiere, 1 männliches Tier; 2,69 bis 2,89 kg) eine minimale bis mäßige Reizung der Konjunktiven, die 24 bis 48 Stunden nach Behandlung reversibel war. Iris und Cornea waren ohne Befund. Nach einem modifizierten Klassifizierungsschema nach Kay und Calandra (J. Soc. Cosmet. Chem., 13, 281 - 289 (1962)) wurde die Substanz als leicht rei-

zend und nach der Commission Directive 91/325/EEC als nicht reizend am Kaninchenauge bewertet (SafePharm, 1992 b).

Am Kaninchenauge traten nach Applikation von bis zu 3 mg Kaliumtetrafluoroborat keine makroskopisch erkennbaren Reizungen auf (keine weiteren Angaben; Blaisdell, 1955).

#### **7.4 Sensibilisierende Wirkung**

Keine Information vorhanden.

#### **7.5 Subchronische und chronische Toxizität**

##### ***Kaliumtetrafluoroborat***

Männlichen und weiblichen Wistar-Ratten (keine Angaben zur Anzahl der Tiere/Gruppe) wurde Kaliumtetrafluoroborat 3 Monate lang im Trinkwasser verabreicht. Die Dosis entsprach 10 mg Fluoridionen/l Trinkwasser. Eine Kontrollgruppe wurde mitgeführt. Der Untersuchungsumfang erstreckte sich auf Körpergewichtsentwicklung, Grad der Depigmentierung des Zahnschmelzes der Schneidezähne zu 4 Untersuchungszeitpunkten (keine weiteren Angaben), Organgewichte und bei je 3 männlichen und weiblichen Tieren/Gruppe auf die histopathologische Untersuchung von Leber, Nieren, Nebennieren, Milz, Herz und Testes. Die Körpergewichtsentwicklung glich der der Kontrolltiere. Eine Depigmentierung der Schneidezähne wurde nicht beobachtet. Die relativen Organgewichte unterschieden sich nicht von denen der Kontrolltiere. An Herz und Testes wurden keine histopathologischen Veränderungen festgestellt. Nach den Autoren wurde in der Leber bei der Hälfte der Versuchstiere eine Dilatation der Blutgefäße und vereinzelt Verhärtungen beobachtet. In der Milz wurde ebenfalls eine ausgeprägte Dilatation der Blutgefäße und ein Verlust der Basophilie der Knoten in der Milz mit anschließendem Strukturverlust beschrieben. In den Nieren kam es bei der Hälfte der Versuchstiere zu Verhärtungen des Parenchyms und bei 2 Tieren zu einer Dilatation der distalen Tubuli. Bei einem Drittel der untersuchten Nieren waren die peripheren Gefäße und das Interstitium stark durchblutet. In der Nebenniere wurden ausgeprägte Veränderungen des Parenchyms beschrieben (nach den Autoren erhöhte Aktivität von Zellen der Zona fasciculata). Nach Ansicht der Autoren waren die histopatho-

logischen Veränderungen substanzbedingt (keine weiteren Angaben; Janecek et al., 1974). Aufgrund der unzureichenden Dokumentation von Versuchsaufbau und Versuchsergebnissen (u. a. keine Angaben zu Gruppengröße und zur analytischen Kontrolle) ist diese Studie zur Beurteilung der Toxizität von Kaliumtetrafluoroborat nach subchronischer oraler Applikation nicht geeignet.

## **7.6 Gentoxizität**

### **7.6.1 In vitro**

#### ***Tetrafluorborsäure***

Tetrafluorborsäure (42prozentige wäßrige Lösung) wurde im Salmonella/Mikrosomen-Test mit Präinkubation an den Salmonella typhimurium-Stämmen TA 98, TA 100, TA 1535, TA 1537 und TA 1538 sowie an Escherichia coli WP2uvrA mit und ohne metabolische Aktivierung (S9-Mix aus mit polychloriertem Biphenyl (KC 500) induzierter Rattenleber) auf genmutagene Wirkung untersucht. Die eingesetzten Konzentrationen betragen 1 bis 5000 µg/Platte. Bis zur höchsten geprüften Konzentration zeigte sich keine genmutagene Wirkung. Angaben zur Bakteriotoxizität wurden nicht gemacht (Shimizu et al., 1985).

### **7.6.2 In vivo**

Keine Information vorhanden.

## **7.7 Kanzerogenität**

Keine Information vorhanden.

## **7.8 Reproduktionstoxizität**

Keine Information vorhanden.

## 7.9 Wirkungen auf das Immunsystem

Keine Information vorhanden.

## 7.10 Neurotoxizität

Keine Information vorhanden.

## 7.11 Sonstige Wirkungen

### ***Kaliumtetrafluoroborat***

Im Rahmen von Untersuchungen zur Lokalisation von intrakranialen raumverdrängenden Prozessen wurde u. a. auch  $^{18}\text{F}$ -markiertes Kaliumtetrafluoroborat untersucht. An Ratten wurden nach Injektion von  $^{18}\text{F}$ -markiertem Kaliumtetrafluoroborat (wahrscheinlich intraperitoneal; keine weiteren Angaben) die in Tabelle 3 dargestellten relativen spezifischen Aktivitäten in den verschiedenen Organen festgestellt (keine weiteren Angaben; Askenasy et al., 1962).

<b>Tabelle 3. Relative spezifische Aktivität von <math>^{18}\text{F}</math>-Kaliumtetrafluoroborat in Organen von Ratten nach einmaliger Injektion</b>			
<b>Relative spezifische Aktivität</b>	<b>Zeit nach der Injektion</b>		
	<b>30 Minuten</b>		<b>120 Minuten</b>
Blut/Gehirn	55		44
Muskel/Gehirn	3,6		6,4
Schädelknochen/Blut	0,35		0,26
Blut nach 30 Minuten/Blut nach 120 Minuten		6,2	
% der injizierten Dosis im Darm		2,6	

Ratten (100 bis 110 g) bekamen einmal intraperitoneal 0,1 ml einer 1prozentigen Propylthiouracil-Lösung, um die Bildung von Protein-gebundenem Iod in der Schilddrüse zu blockieren. Eine Stunde danach erhielten sie intraperitoneal 0,1 ml  $^{131}\text{I}$ -Iodid-Lösung (40 mc/ml) und 15 Minuten später 0,5 ml einer Kochsalzlösung mit 25  $\mu\text{mol}$  Kaliumtetrafluoroborat (keine Angaben, ob pro kg Körpergewicht oder pro Tier). 30, 60, 90 und 120 Minuten nach der Iodid-Injektion wurde die Iod-Aktivität der isolierten Schilddrüsen gemessen. Kaliumtetrafluoroborat hatte die Iod-Aufnahme der Schilddrüse

nach 30 Minuten um 89,2 %, nach 60 Minuten um 93,7 %, nach 90 Minuten um 92,6 % und nach 120 Minuten um 86,5 % gehemmt (Anbar et al., 1959).

Je 12 ml Blutserum von gesunden Spendern bzw. Wistar-Ratten wurden eine Stunde lang mit <sup>125</sup>Iod-markiertem Thyroxin bei Raumtemperatur inkubiert. Danach wurden 1 ml destilliertes Wasser oder 1 ml einer wäßrigen Kaliumtetrafluoroborat-Lösung zugegeben, für eine Stunde bei Raumtemperatur inkubiert und die Konzentration an freiem Thyroxin bestimmt. Nach einer graphischen Darstellung erhöhte Kaliumtetrafluoroborat den Spiegel an freiem Thyroxin im Serum bei den Humanproben von ca. 0,025 % (Kontrollen) auf ca. 0,031 % und bei den Rattenproben von ca. 0,041 % auf 0,058 %. Der höhere Anstieg an freiem Thyroxin bei den Rattenproben wurde von den Autoren auf unterschiedliche Thyroxin-bindende Proteine zurückgeführt. In in vivo-Versuchen an männlichen Wistar-Ratten (8 Tiere/Gruppe) erhöhte die orale Gabe von Kaliumtetrafluoroborat den Spiegel an freiem Thyroxin gegenüber dem einer Kontrollgruppe, der destilliertes Wasser verabreicht wurde, dagegen nicht (keine weiteren Angaben; Michajlovskij und Langer, 1974).

## **8 Erfahrungen beim Menschen**

Tetrafluorborsäure, Natrium-, Ammonium- und Kaliumtetrafluoroborat sind nicht im Allergen-Katalog des IVDK (Informationsverbund Dermatologischer Kliniken) aufgeführt. Sie wurden nicht getestet. Von der Struktur her wurde ein hautsensibilisierendes Potential der Verbindungen für unwahrscheinlich gehalten (IVDK, 1998).

Beim Umgang mit Tetrafluorborsäure und Kaliumtetrafluoroborat bei der Herstellung und der Weiterverarbeitung sind bei den dort Beschäftigten keine Beschwerden, wie Hautreizungen, Atemwegbeschwerden, chronischer Schnupfen oder Augentränen, bekannt geworden. Für Sensibilisierungsfälle gibt es keinen Anhalt (Solvay, 1998).

Bei der Herstellung von Tetrafluorborsäure und ihren Salzen sind beim täglichen Umgang bislang keine Sensibilisierungen bei Mitarbeitern aufgetreten (Riedel-de Haën, 1998).

Bei mit Tetrafluorborsäure und ihren Derivaten beschäftigten, arbeitsmedizinisch überwachten Personen ergaben sich in einem Zeitraum von über 20 Jahren keine Hinweise auf gehäufte Vergrößerungen oder Funktionsstörungen der Schilddrüse (Solvay, 1992 a, b).

In einem anderen Betrieb wurden 6 Mitarbeiter, die regelmäßig Umgang mit Tetrafluorborsäure hatten, laufend arbeitsmedizinisch untersucht. Keiner von ihnen hatte eine Struma oder Zeichen einer Schilddrüsenunterfunktion. Die T<sub>3</sub>- und T<sub>4</sub>-Werte lagen im Normbereich (Riedel-de Haën, 1992).

Eine Studie zur Toxikokinetik von Natriumtetrafluoroborat beim Menschen ist in Kapitel 7.1 beschrieben.

## **9 Einstufungen und Grenzwerte**

Keine Information vorhanden.

## **10 Arbeitsmedizinische Empfehlungen**

Allgemeine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen in Anlehnung an die BG-Vorschrift „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ (BGV A4, bisherige VBG 100). Beachtung der ätzenden Wirkung der freien Tetrafluorborsäure.



## Literatur

Anbar, M., Guttman, S., Lewitus, Z.

Effect of monofluorosulphonate, difluorophosphate and fluoroborate ions on the iodine uptake of the thyroid gland

Nature, 183, 1517 - 1518 (1959)

Anbar, M., Guttman, S., Lewitus, Z.

The accumulation of fluoroborate ions in thyroid glands of rats

Endocrinology, 66, 888 - 890 (1960)

Anbar, M., Ernst, N.

A distribution study of F<sup>18</sup>-labelled cationic fluorocomplexes in rats

Int. J. Appl. Radiat. Isotop., 13, 47 - 51 (1962)

Askenasy, H.M., Anbar, M., Laor, Y., Lewitus, Z., Kosary, I.Z., Guttman, S.

The localization of intracranial space-occupying lesions by fluoroborate ions labelled with fluorine 18

Am. J. Roentgenol., 88, 350 - 354 (1962)

Biopharm (Pharmakologische Forschungsgesellschaft Biopharm GmbH, Berlin)

5-Tage-Dosisfindungsstudie mit oraler Applikation von Kaliumtetrafluoroborat (BG-Nr.: 136; CAS-Nr.: 14075-53-7) an Ratten

unveröffentlichtes Amendement zum Prüfbericht 008TOX93 (1995)

im Auftrag der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie

Blaisdell, C.T.

Chemical Corps Medical Laboratories Research Report No. 351, March 1955

zitiert in: Levinkas, G.J.

Toxicology of boron compounds

in: Adams, R.M. (ed.)

Boron, metallo-boron compounds and boranes, 693 - 737

Interscience Publishers (1964)

Druckrey, H., Stekar, J., Hünig, S.

Carcinogene Wirkung von Äthoxy-diazenium-Salzen (O-Äthyl-dialkylnitrosimmonium-Salzen) an Ratten

Z. Krebsforsch., 80, 17 - 26 (1973)

Eastman Kodak Company, Rochester, New York

Letter from Eastman Kodak Co to USEPA regarding toxicity studies of hydrogen tetrafluoroborate (-1) with cover letter dated 092492

NTIS/OTS 0570943

EC (European Commission), Existing Chemicals Bureau

Joint Research Centre, Ispra, Italien

IUCLID-Datensatz tetrafluoroborische Säure

CD-ROM, ed. I (1996)

Falbe, J., Regitz, M. (Hrsg.)  
Römpf Chemie Lexikon  
9. Aufl., Bd. 2, 1409 - 1410  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York (1990)

Hoechst AG, Hoechst Marion Roussel, Preclinical Development Drug Safety  
Kaliumtetrafluoroborat - Testing for subacute oral toxicity (28 applications within 29 days) in the male and female Wistar rat  
unveröffentlichter Bericht Nr. 97.0205 (1997)  
im Auftrag der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie

IVDK (Informationsverbund Dermatologischer Kliniken)  
schriftliche Mitteilung an die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie vom 28.03.1998

Janecek, J., Cervenka, R., Jirik, V.  
Biologische Wirkung von Fluorverbindungen in Trinkwasser (deutsche Übersetzung aus dem Tschechischen)  
Cesk. Hyg., 19 (3), 113 - 126 (1974)

Kali-Chemie AG  
Grunddatensatz für Altstoffe - Tetrafluorborsäure (1989)

Kali-Chemie AG  
DIN-Sicherheitsdatenblatt Tetrafluorborsäure (1990 a)

Kali-Chemie AG, Pharmaceutical Division, Department of Biological Development  
Toxicity of tetrafluorboric acid (HBF<sub>4</sub>; CAS No. 16872) in rats after single oral administration  
unveröffentlichter Bericht (1990 b)

Largent, E.J.  
Metabolism of inorganic fluorides  
in: Fluoridation as a public health measure  
American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C., p. 49 - 78 (1954)

Largent, E.J., Heyroth, F.F.  
The absorption and excretion of fluorides. III. Further observations on metabolism of fluorides at high levels of intake  
J. Ind. Hyg. Toxicol., 31 (3), 134 - 138 (1949)

Michajlovskij, N., Langer, P.  
Increase of serum free thyroxine following the administration of thiocyanate and other anions in vivo and in vitro  
Acta Endocrinol., 75, 707 - 716 (1974)

Riedel-de Haën AG  
DIN-Sicherheitsdatenblatt Tetrafluorborsäure 50 % (1990 a)

Riedel-de Haën AG  
DIN-Sicherheitsdatenblatt Natriumtetrafluoroborat rein (1990 b)

Riedel-de Haën AG  
DIN-Sicherheitsdatenblatt Ammoniumtetrafluoroborat (1990 c)

Riedel-de Haën AG  
schriftliche Mitteilung an die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie vom  
13.05.1992

Riedel-de Haën AG  
EG-Sicherheitsdatenblatt Kaliumtetrafluoroborat reinst (1995)

Riedel-de Haën AG  
schriftliche Mitteilung an die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie vom  
23.07.1998

SafePharm Laboratories Limited, Derby, U.K.  
Potassium tetrafluoroborate: acute dermal irritation test in the rabbit  
unveröffentlichter Bericht, Project Number 121/175 (1992 a)  
im Auftrag der Riedel-de Haën AG

SafePharm Laboratories Limited, Derby, U.K.  
Potassium tetrafluoroborate: acute eye irritation test in the rabbit  
unveröffentlichter Bericht, Project Number 121/176 (1992 b)  
im Auftrag der Riedel-de Haën AG

Schwetz, K.A., Lipp, A.  
Boron carbide, boron nitride, and metal borides  
in: Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry  
5th ed., vol. A4, p. 295 - 330  
VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim (1989)

Shimizu, H., Suzuki, Y., Takemura, N., Goto, S., Matsushita, H.  
The results of microbial mutation test for forty-three industrial chemicals  
Jpn. J. Ind. Health, 27, 400 - 419 (1985)

Solvay (Solvay Fluor und Derivate GmbH, Werk Wimpfen)  
schriftliche Mitteilung an die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie vom  
27.02.1992 a

Solvay (Deutsche Solvay Werke GmbH, Hannover, ZB Umwelt/Sicherheit)  
schriftliche Mitteilung an die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie vom  
01.04.1992 b

Solvay Deutschland GmbH, Umweltschutz und Sicherheit  
schriftliche Mitteilung an die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie vom  
09.06.1998

VCI (Verband der chemischen Industrie)  
VCI-Altstoffliste  
Chemische Industrie, Sonderdruck aus Heft 4 (1988)