

---

## Informationen und Empfehlungen für Ärzte in Krankenhäusern

---

- Patienten, die selbst oder deren Kleidung mit Flusssäure benetzt ist, können Rettungskräfte und andere Personen durch direkten Kontakt oder durch Flusssäuredämpfe gefährden.
  - Flusssäure ist eine in hohem Grade ätzende Chemikalie, die äußerst schmerzhaft Wunden verursachen kann.
  - Fluorid-Ionen werden sehr gut und schnell über alle Einwirkungswege aufgenommen; eine Hypokalzämie und andere metabolische Veränderungen können die Folge sein. Systemische Vergiftungen können in Störungen des zentralen Nervensystems, Herz-Kreislauf-, und Nierenversagen sowie Atemstillstand resultieren.
  - Eine sofortige Reinigung ist die wichtigste Maßnahme: Vor Entfernung der Kleidung die betroffenen Augen, Haut- und Haarpartien mit reichlich Wasser sorgfältig spülen.
  - Die frühe Verabreichung von Kalzium und/oder Magnesium kann den systemischen Effekten von Flusssäure entgegenwirken. Abhängig von Art und Schwere der Exposition kann Kalziumgluconat als Gel lokal aufgetragen werden, als Lösung zum Spülen verwendet, injiziert (subkutan, intravenös, oder intraarteriell) oder inhaliert werden.
- 

### 1. Informationen zur Substanz

Fluorwasserstoff (HF) CAS 7664-39-3.

Wässrige Lösungen von Fluorwasserstoff werden als Flusssäure bezeichnet.

Fluorwasserstoff ist eine stechend riechende, bei 19-20°C siedende, farblose, klare, an feuchter Luft stark rauchende Flüssigkeit. Auch diese Dämpfe der Flusssäure sind giftig.

Flusssäure siedet als azeotropes Gemisch bei 112°C. Bei Erhitzen von Flusssäure mit einer Konzentration > 40 % gasst Fluorwasserstoff aus.

Fluorwasserstoff entsteht auch bei der Hydrolyse verschiedener Fluoride (Cobaltfluorid, Phosphorptafluorid, Siliziumtetrafluorid, Schwefeltetrafluorid). Flusssäure ist eine starke Säure, die mit vielen Verbindungen unter starker Wärmeentwicklung reagiert und dabei leicht entflammbare und explosive Stoffe bilden kann. Sie greift Metall, Glas und Stein an und löst Silizium auf und muss daher in Plastik, Blei, Wachs oder Paraffinflaschen aufbewahrt werden. Flusssäure wird zur Herstellung anorganischer Fluoride und bei der Oberflächenbehandlung von Gläsern und Metallen eingesetzt (Reinigen, Ätzen, Emaillieren). Als verdünnte Lösung dient sie als Industrie- und Haushaltsreiniger und als Hilfsstoff in der Elektronik- und Halbleiterindustrie.

### 2. Einwirkungswege

#### *Einatmen*

**Die Aufnahme großer Mengen an Fluorid-Ionen durch Einatmen von Flusssäuredämpfen kann zu systemischen Vergiftungen führen.** Die starke Reizwirkung von Flusssäure hat eine deutliche Warnwirkung gegenüber gefährlichen Konzentrationen.

#### *Haut-/Augenkontakt*

**Eine Exposition gegenüber Flusssäure erfolgt im Wesentlichen durch Hautkontakt. Fluorid-Ionen werden sehr gut und schnell über Haut und Augen aufgenommen und können so zu systemischen Vergiftungen führen. Falls mehr als 160 cm<sup>2</sup> Haut betroffen sind, besteht die Gefahr schwerer systemischer Wirkungen. Auch schon geringe Konzentrationen (< 2 %) können bei andauernder Einwirkung zu schweren und Haut- und Augenverätzungen führen.**

**Verschlucken**

Versehentliches Verschlucken von Flusssäure führt schnell zu starken Verätzungen der Schleimhäute in Rachen, Speiseröhre und Magen-Darm-Trakt sowie bei Resorption zu systemischen Vergiftungserscheinungen. Bei Erwachsenen sind Todesfälle nach Aufnahme ab 1,5 g Flusssäure beschrieben.

**3. Akute gesundheitliche Wirkungen****Lokale Effekte**

**Der Kontakt mit Flusssäure kann zu sehr schmerzhaften Verätzungen an Augen, Haut und dem Magen-Darm-Trakt führen.**

**Haut**

Nach Hautkontakt treten gewöhnlich zunächst Rötungen, Ödeme und Blasenbildung auf. Bei Einwirkung höherer Konzentrationen kann es zu einer Weißfärbung der Haut kommen; aufgrund von Kolliquationsnekrosen kann sich unter Blasenbildung ein Exsudat bilden. Setzte die Behandlung verspätet ein, können tiefe Gewebeschäden, Sehnenentzündungen, Sehnencheidenentzündungen oder eine Entkalkung der Knochen auftreten.

**Klinische Anzeichen oder Symptome können bei Exposition gegenüber niedrigen bis mittleren Konzentrationen von Flusssäure oder seinen Dämpfen auch erst 8 bis 24 Stunden danach auftreten.**

Auf die Fluor-Ionen zurückzuführende Wirkungen werden deshalb eventuell erst verzögert erkannt. Ein Merkmal dermalen Exposition gegenüber niedrigen Flusssäure-Konzentrationen können Schmerzen in viel größerem Ausmaß sein als aufgrund des Untersuchungsbefundes zu erwarten ist. Ausgeprägte Schmerzen bei lediglich geröteter Haut können vorliegen.

**Augen**

Eine Exposition des Auges kann schwerwiegende Folgen von einer Hornhauttrübung bis zu einer kompletten Zerstörung des Auges haben. Außerdem können brennende Missempfindungen in den Augenlidern sowie Ulzerationen auftreten.

**Atemwege**

**Das Einatmen verursacht für gewöhnlich Rachenreizungen und Husten.** Atemwegsprobleme mit Schmerzen in der Brust, Atemnot und Laryngospasmus können sich rasch entwickeln. **In symptomatischen Patienten kann ein Lungenödem auch noch bis zu 24 Stunden verzögert auftreten.**

**Magen-Darm**

Ein Verschlucken von Flusssäure führt zu starken Verätzungen der Schleimhäute von Rachen, Ösophagus und Magen-Darm-Trakt. Erbrechen, insbesondere Hämatemesis, ist häufig.

**Systemische Effekte**

**Durch den Kontakt mit Flusssäure kann es zu einer Reaktion des Fluors mit körpereigenem Kalzium kommen. Ein deutlicher Abfall des Kalziumspiegels und andere Stoffwechselveränderungen mit tödlichem Ausgang können die Folge sein.**

**Herz-Kreislauf**

**Aufgrund der Bindung von Kalzium und Magnesium sowie Veränderungen des Kaliumspiegels kann es zu lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen, vor allem Kammerflimmern und Asystolie, kommen.**

**ZNS**

**Fluorid-Ionen können durch eine direkte toxische Wirkung auf das zentrale Nervensystem zu Koma und Atemstillstand führen.**

**Andere**

Metabolische Azidose, Nierenversagen und Störungen in der Blutgerinnung können auftreten.

**Mögliche Folgen**

An Haut, Gewebe und Augen können irreversible Verätzungen verursacht werden, z. B. Nekrosen.

**4. Maßnahmen****Selbstschutz**

Ein Patient, dessen Kleidung oder Haut mit Flusssäure benetzt ist, kann andere Personen oder medizinisches Personal durch direkten Kontakt oder durch Verdampfen von Flusssäure gefährden. Das Freiwerden von hohen Konzentrationen von Flusssäure-Dampf/Rauch kann zur Aufnahme von Flusssäure auf der Kleidung führen; bei der Reinigung muss entsprechend vorsichtig vorgegangen werden.

<i>Reinigung</i>	Patienten, die Flusssäure ausgesetzt waren, benötigen sofortige Reinigungsmaßnahmen. Patienten, die in der Lage und willens sind, können die Reinigungsmaßnahmen helfend unterstützen. Sollte die Aufnahme von flüssiger Flusssäure erfolgt und dabei die Kleidung benetzt sein, diese entfernen und zweifach einpacken.
<i>Augen</i>	<p><b>Bei Exposition gegenüber mittleren bis hohen Konzentrationen von Flusssäure sicherstellen, dass 1 oder 2 Tropfen anästhesierender Augentropfen (z. B. 0,5 % Tetracainhydrochlorid) in das betroffene Auge geträufelt wurden. Bis ein Augenarzt verfügbar ist (maximal aber für 2 Stunden), kann auch das Auge (mit Hilfe einer Spritze) mit einer 1%igen Kalziumgluconat-Lösung gespült werden.</b></p> <p>Andere wichtige Hilfsmaßnahmen müssen währenddessen fortgesetzt werden.</p> <p><b>Bei Exposition gegenüber niedrigen Flusssäure-Konzentrationen sicherstellen, dass mittels einer Spritze mit einer 1%igen Kalziumgluconat-Lösung gespült wird, bis die Schmerzen nachlassen bzw. ein Augenarzt verfügbar ist, allerdings nicht länger als 30 Minuten.</b></p>
<i>Haut</i>	<p><b>Sicherstellen, dass betroffene Hautstellen und Haare für mindestens 5 Minuten unter reichlich fließendem Wasser gespült wurden; Spülung fortsetzen, bis Kalziumgluconat vorhanden ist. Während der Behandlung Augen schützen!</b></p> <p><b>Bei großflächigen Verätzungen (&gt; 160 cm<sup>2</sup>) und Flusssäurekonzentrationen &gt; 20 % haben sich folgende Methoden bewährt: Injektion 5- bis 10%iger Kalziumgluconat-Lösung unter den betroffenen Bereich und darum herum ist die primäre ärztliche Behandlung.</b> Eine kleine Nadel (25-30 G) sollte verwendet und das verätzte Gewebe an mehreren Stellen injiziert werden. Die Menge, die zuerst eingespritzt wird, sollte 0,5 ml/cm<sup>2</sup> der betroffenen Hautoberfläche nicht übersteigen. Da das Nachlassen der Schmerzen normalerweise ein guter Indikator einer adäquaten Behandlung ist, sollte eine Lokalanästhesie vermieden werden. Injektionen mit Kalziumgluconat sollten so lange wiederholt werden, bis die Schmerzen deutlich nachlassen.</p> <p><b>Anmerkung: KEIN Kalziumchlorid anstelle von Kalziumgluconat zur Injektion verwenden. Zur Behandlung von Verätzungen geringeren Ausmaßes bzw. bei niedrigeren Flusssäurekonzentrationen empfiehlt es sich, in die betroffenen Hautstellen Kalziumgluconat-Gel (2,5 %) einzumassieren. Dabei sollten schützende (z. B. chirurgische) Handschuhe getragen werden. Alle 15 Minuten erneut das Gel auftragen und zwischenzeitlich die Hautpartien mit Wasser spülen. Falls nach 45 Minuten nach Beginn der Behandlung kein Nachlassen der Schmerzen erreicht wird, wird empfohlen, Kalziumgluconat subkutan wie oben beschrieben zu injizieren.</b></p> <p><b>Bei isolierter Einwirkung von Flusssäure auf Finger oder Nägel sollte nach initialer Anwendung von Kalziumgluconat-Gel (siehe oben) die Hand zur weiteren Therapie in einen mit Kalziumgluconat-Gel gefüllten Gummihandschuh eingeführt und die so behandschuhte Hand in Eiswasser getaucht werden.</b></p> <p>Anmerkung: Wenn Kalziumgluconat nicht vorhanden ist, können eisgekühlte 0,13%ige Benzalkonium-Chlorid-Kompressen alternativ verwendet werden.</p>
<i>Einatmen</i>	<p><b>Beginn bzw. Fortsetzung der Verabreichung einer wässrigen Lösung Kalziumgluconat (2,5 %) durch Zerstäuber mit 100%igem Sauerstoff unter engmaschiger Kontrolle des Kalziumspiegels im Serum.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Sauerstoffgabe</b></li> <li>- <b>Verabreichung von 8 Sprühstößen Beclometason (800 µg Beclometasondipropionat) aus einem Dosieraerosol.</b></li> </ul>

**Bei Zeichen einer Verengung der Atemwege (z.B. Bronchospasmus oder Stridor)**

- a) Vernebelung von Adrenalin (Epinephrin): 2 mg Adrenalin (2 ml) mit 3 ml NaCl 0,9% mischen und über eine Verneblermaske inhalieren lassen
- b) Gabe eines  $\beta_2$ -selektiven Adrenozeptor-Agonisten, z.B. vier Hübe Terbutalin oder Salbutamol oder Fenoterol (ein Hub enthält üblicherweise 0,25mg Terbutalinsulfat; bzw. 0,1 mg Salbutamol; bzw. 0,2 mg Fenoterol); dies kann einmal nach 10 Minuten wiederholt werden.  
Alternativ können 2,5 mg Salbutamol und 0,5 mg Ipratropiumbromid über eine Verneblermaske verabreicht werden.  
Falls eine Inhalation nicht möglich ist, Gabe von Terbutalinsulfat (0,25 mg bis 0,5 mg) subkutan oder Salbutamol (0,2 mg bis 0,4 mg über 15 Minuten) intravenös.
- c) Intravenöse Gabe von 250 mg Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis)

**Bei Zeichen eines toxischen Lungenödems (z.B. schaumiger Auswurf, feuchte Rasselgeräusche)**

- a) CPAP-Therapie
- b) Intravenöse Gabe von 1000 mg Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis)

**Bei (zunehmender) respiratorischer Insuffizienz erweitertes Atemwegsmanagement, z.B. endotracheale Intubation oder ggf. Koniotomie.**

Anmerkung: Die Wirksamkeit der Gabe eines Corticosteroids ist bislang nicht in kontrollierten klinischen Studien nachgewiesen worden.

*Verschlucken*

**Im Falle des Verschluckens darf keinesfalls Erbrechen hervorgerufen werden.** Dennoch Erbrochenes kann Flusssäure enthalten und kann deshalb ebenso giftig sein. **Jede möglicherweise von einer Einwirkung von Flusssäure betroffene Person sollte umgehend einige Gläser Milch und/oder Magensäure neutralisierende Mittel - z. B. Magnesiumhydroxid, Kalziumcarbonat - als Tablette/Suspension einnehmen.**

**Falls möglich, sollte innerhalb von 60 Minuten nach Ingestion eine Magenspülung mit Kalziumchlorid (20 ml  $\text{CaCl}_2$  pro 1000 ml Wasser) oder Kalziumgluconat über eine Magensonde durchgeführt werden.** Der Nutzen der Spülung überwiegt normalerweise gegenüber der Gefahr einer Perforation.

*Weitere Maßnahmen*

**Alle exponierten Patienten** – außer denen mit einer Exposition der Haut gegenüber niedrigen Konzentrationen von Flusssäure, einer exponierten Fläche von  $< 160 \text{ cm}^2$  und völligem Rückgang der Schmerzen binnen 45 Minuten – **sollten wie folgt untersucht und behandelt werden:**

*Systemische Behandlung*

**Unverzüglich mit dem Monitoring des Kalzium-, Magnesium-, Kalium- und Fluoridspiegels beginnen. Die Korrektur erniedrigter Kalziumspiegel mittels langsamer intravenöser Infusion von Kalziumgluconat als 10 %ige Lösung ist erste Priorität. Magnesium muss ggf. auch intravenös zugeführt werden.**

**Bei schwerwiegender Exposition frühzeitige intravenöse Gabe von Calcium und Magnesium ohne vorherige Labordiagnostik. Hierbei engmaschige Kontrolle der Vitalparameter und permanente EKG-Überwachung.**

*Erwachsene:*

1-2 g Calciumglukonat i.v. über 5 Minuten

2-4 g Magnesiumsulfat i.v. als Kurzinfusion

*Kinder:*

25 mg/kg Körpergewicht Calciumglukonat i.v. über 5 Minuten

25-50 mg/kg Körpergewicht Magnesiumsulfat i.v. als Kurzinfusion

Neben Anamneseerhebung, körperlicher Untersuchung und Urinanalyse sind Vitalfunktionen, Blutbild, Hämoglobin, Glucose, Elektrolyte, Prothrombin und partielle Thromboplastinzeit (PT und PTT) zu überwachen.

**Arterielle Blutgasbestimmungen sind durchzuführen, an denen sich die Dosierung von Natriumbicarbonat zum Ausgleich einer systemischen Azidose orientiert.**

**Eine kontinuierliche EKG-Überwachung wird ausdrücklich empfohlen, damit rechtzeitig Zeichen einer Elektrolytstörung erkannt werden können (vor allem verlängerte QT-Intervalle als Zeichen einer Hypokalzämie oder Hyperkaliämie-induzierte Arrhythmien).**

Fluorid-Konzentrationen im Serum (normal < 0,1 mg/l) können auch auf eine hohe Exposition hinweisen. Hämodialyse mit Fluorid-freiem Wasser (und normalen bis niedrigen Kalium- und etwas höheren Kalzium-Konzentrationen) kann in lebensbedrohlichen Fällen erwogen werden.

*Inhalation***Radiologisch eindeutige Zeichen eines Lungenödems -**

Vergrößerung der Hili, typische, zentral betonte, fleckförmige Verschattungen im Thoraxröntgenbild - **sind späte Zeichen, die erst 6 bis 8 Stunden oder noch später nach Exposition erkennbar sind. Das Röntgenbild ist typischerweise bei der Erstvorstellung im Krankenhaus auch nach Einatmen einer größeren Dosis normal.**

**Patienten mit möglicher Exposition sollten über ein Minimum von 24 Stunden beobachtet und wiederholt nachuntersucht werden, bevor man eine Gesundheitsschädigung ausschließt. Verzögert auftretende Effekte sind unwahrscheinlich bei Patienten, die nur geringfügige, schnell reversible Symptome der oberen Atemwege (leichtes Brennen oder etwas Husten) haben.**

Eine Spirometrie sollte durchgeführt werden.

Wenn die Sauerstoffsättigung unter 90 % fällt oder zu fallen droht, sind unverzüglich die arteriellen Blutgaskonzentrationen zu überprüfen und das Thoraxröntgen zu wiederholen.

**Wenn die Blutgaskonzentrationen sich zu verschlechtern beginnen und/ oder die Thoraxröntgenaufnahme Zeichen eines toxischen Lungenödems zeigt, sollte Sauerstoff über eine Maske appliziert werden. Bei sich manifestierender Verschlechterung (insbesondere bei Tachypnoe (>30/min) und gleichzeitiger Abnahme des Kohlendioxidpartialdrucks) ist eine CPAP-Therapie innerhalb der ersten 24 Stunden nach Exposition zu beginnen.**

Im Falle der Entwicklung eines Lungenödems sollten Flüssigkeitsaufnahme und -ausscheidung sowie Elektrolyte engmaschig kontrolliert werden. Eine positive Flüssigkeitsbilanz ist zu vermeiden. Zur Optimierung des Flüssigkeitsmanagements ist das Legen eines Zentralvenen- oder Swan-Ganz-Katheters in Betracht zu ziehen.

Solange Anzeichen eines Lungenödems persistieren, sollte die intravenöse Gabe von Methylprednisolon (oder eines äquivalenten Steroids) in Intervallen von 8 bis 12 Stunden fortgesetzt werden.

Eine prophylaktische Antibiotikagabe wird nicht routinemäßig befürwortet, kann aber auf der Basis der Ergebnisse von Sputumkulturen indiziert sein.

Eine Pneumonie kann als Komplikation eines schweren Lungenödems auftreten.

## Haut

Im Falle von Verätzungen an Händen, Füßen, Fingern oder Zehen, die nicht binnen 45 Minuten auf die oben beschriebene Therapie ansprechen bzw. bei denen die Therapie verzögert einsetzt, sollten intraarterielle oder intravenöse Kalziumgluconat-Infusionen erwogen werden:

Für die intraarterielle Therapie wird ein 4- oder 5-French-Katheter perkutan in die Brachial- oder Femoralarterie eingeführt. Nach Messen des arteriellen Drucks sollte eventuell eine digitale Subtraktionsarteriographie der betroffenen Extremität durchgeführt werden. Eine verdünnte Kal-

ziumgluconat-Zubereitung (z. B. 10 ml einer 10%igen Lösung mit 40 ml 5 %igen Dextrose) mittels einer Perfusionspumpe über 4 Stunden infundieren; abhängig von den Kalziumspiegeln im Serum und dem Rückgang der Schmerzen während der folgenden 4 Stunden die intraarterielle Therapie für weitere 4 Stunden fortführen. Falls in den folgenden 4 Stunden Schmerzen wiederauftreten, den gesamten Vorgang bis zu einer kontinuierlichen Schmerzstillung wiederholen. 500 Einheiten Heparin können der Infusionslösung zugesetzt werden.

Im Rahmen einer intravenösen Therapie (nur bei Hand-, Finger-, Zehen- oder Fussverätzungen bei Flusssäurekonzentrationen nicht über 20%) sollte ein Katheter am Handrücken oder in einer passenden Vene am betroffenen Bein platziert werden; die oberflächlichen Venen durch Hochlagern der Extremität entleeren. Nach Anlegen eines pneumatischen Tourniquet (über systolischen Blutdruck) über der Ellenbeuge oder am Oberschenkel 10 ml einer 10 %igen Kalziumgluconatlösung mit 40 ml Kochsalzlösung infundieren. Nach 20-minütiger Ischämie den Tourniquet lösen.

**Bei Hautnekrosen und großflächigen Verätzungen kann eine dermatochirurgische Wundrevision mit Entfernung aller nekrotischen und irreversibel geschädigten Hautareale erfolgen.**

## Entlassung des Patienten / Weiteres Verhalten

Patienten, die **frei von Symptomen und für mindestens 6 Stunden nach Exposition schmerzfrei** sind, können unter folgenden Umständen entlassen werden:

- a) Der behandelnde Arzt hat Erfahrung mit Patienten, die mit Flusssäure exponiert waren.
- b) Informationen und Empfehlungen für die Patienten mit weiteren Maßnahmen werden mündlich und schriftlich weitergegeben. Die Patienten sollten sorgfältig eventuelle Symptome beobachten und unverzüglich medizinische Hilfe aufsuchen, falls Symptome auftreten.
- c) Der behandelnde Arzt ist überzeugt, dass der Patient die Gesundheitsgefahren durch Exposition gegenüber Flusssäure verstanden hat.
- d) Der Hausarzt ist informiert, so dass der Patient in regelmäßigen Abständen (mindestens alle 24 Stunden) untersucht wird.
- e) Schwere körperliche Arbeit sollte für 24 Stunden unterlassen werden.
- f) Exposition mit Zigarettenrauch sollte für 72 Stunden vermieden werden; der Rauch verschlechtert die Lungenfunktion.

Patienten, bei denen eine systemische Behandlung erfolgte, sollten vor Entlassung für mindestens 24 Stunden symptom- und schmerzfrei gewesen sein. Alle Patienten, bei denen Haut- oder Augenkontakt mit Flusssäure bestanden hat, sollten nach 24 Stunden nachuntersucht werden.

In diesem Dokument hat die BASF alle mögliche Sorgfalt aufgewandt, um die Richtigkeit und Aktualität der dargestellten Informationen sicherzustellen, beansprucht aber nicht, dass dieses Dokument umfassend alle diesbezüglich möglichen Situationen erfasst. Dieses Dokument ist als zusätzliche Informationsquelle für Ärzte im Krankenhaus konzipiert und soll bei der Beurteilung des Zustands und bei der Behandlung von Flusssäure ausgesetzten Patienten Hilfe leisten. Es ersetzt aber nicht die professionelle Beurteilung der jeweiligen Situation durch die Ärzte im Krankenhaus und muss unter Berücksichtigung gesetzlicher Regelungen und Vorschriften sowie spezifischer, über den jeweiligen Patienten zur Verfügung stehender Informationen interpretiert werden.

**BASF SE**  
Corporate Health Management  
Carl-Bosch-Straße 38  
67056 Ludwigshafen  
Deutschland

**BASF Corporation**  
Medical Department  
100 Campus Drive, M/S F 221  
Florham Park, NJ 07932  
USA