

DFG Senatskommission zur gesundheitlichen
Bewertung von Lebensmitteln

SKLM

Wissenschaft und Öffentlichkeit

Fluorid in der Diskussion

**Das wissen wir über die Wirkung von Fluorid auf
unseren Körper**

Veröffentlicht: 20. Oktober 2020

Deutsche Forschungsgemeinschaft
Kennedyallee 40 • 53175 Bonn
www.dfg.de/sklm

DFG

Zusammenfassung

Es ist ein kontrovers diskutiertes Thema im Bereich der öffentlichen Gesundheitsvorsorge: der Nutzen und die möglichen Risiken von Fluorid. Das Spurenelement kommt überall in der Natur vor. Fluorid wird zudem z.B. Speisesalz und Zahnpasta zugesetzt. Jeder von uns nimmt somit täglich Fluorid über das Trinkwasser, Lebensmittel und Produkte der Mundhygiene auf. Während es unstrittig ist, dass Fluorid in empfohlenen Aufnahmemengen von 0,05 mg Fluorid pro Kilogramm Körpergewicht¹ pro Tag das Kariesrisiko reduziert, wird intensiv über die gesundheitlichen Risiken einer erhöhten Fluoridaufnahme diskutiert. Ein aktuell diskutierter Aspekt dabei: Fluorid soll die Intelligenzentwicklung von Kindern negativ beeinflussen. Expertinnen und Experten der unabhängigen Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln (SKLM) der Deutschen Forschungsgemeinschaft haben daher in einer aktuellen Veröffentlichung² den wissenschaftlichen Kenntnisstand zur Entwicklungsneurotoxizität von Fluorid untersucht. Sie haben dazu bisherige Erkenntnisse aus Tierversuchen, Experimenten mit Zellkulturen und Beobachtungsstudien am Menschen ausgewertet und miteinander verglichen. Das Fazit der SKLM: Auf Basis der verfügbaren wissenschaftlichen Studien (Veröffentlichungen bis August 2019) gibt die aktuelle Fluoridexposition in Europa keinen Anlass zur Sorge.

¹ EFSA 2013: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2013.3332>

² Das SKLM-Review wurde am 08. Mai 2020 veröffentlicht:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-020-02725-2>

1. Begriffsbestimmung und Vorkommen

Fluor kommt in der Natur hauptsächlich in Form von Fluoriden vor. Fluoride sind die neutralen Salze³ der Fluorwasserstoffsäure und treten natürlicherweise in Form vieler Mineralien auf. In ihrem Ionengitter enthalten sie negativ geladene Fluorid-Ionen (F⁻) und positiv geladene Gegen-Ionen wie z.B. Natrium. Sie sind nicht zu verwechseln mit dem reaktiven elementaren Gas Fluor.

Empfohlene adäquate Aufnahmemenge (EFSA):													
0,05 mg/kg Körpergewicht/Tag bzw. 3,5 mg/Tag*													
Wasser	<p>Trinkwasser: maximal 1,5 mg/L</p> <p>Mineralwasser: nicht über 5 mg/L; Kennzeichnung bei >1,5 mg/L</p> <p>Mittlere Aufnahme über Wasser in Europa: 0,13 mg/Tag</p> <p><u>Trinkwasser Fluoridierung (z.B. USA, Irland):</u> 0,7 mg/L</p> <p><u>Problematische Fluoridkonzentrationen in Trinkwasser</u> >4 mg/L: erhöhtes Risiko für Knochenbrüche, reversible Skelettflyorose</p>												
Lebensmittel	<table border="0"> <tr> <td>Teeaufgüsse:</td> <td>0,34-5,2 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Gemüse, Früchte:</td> <td>0,02-0,2 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Milch, Milchprodukte:</td> <td>0,05-0,15 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Brot, Getreide:</td> <td>0,1-0,29 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Fleisch:</td> <td>0,15-0,29 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Fisch:</td> <td>0,48-1,91 mg/kg</td> </tr> </table> <p>Durchschnittliche Aufnahme über Lebensmittel in der EU: 0,3-2 mg/Tag*</p> <p><u>Fluoridiertes Salz (200-250 mg Fluorid/kg):</u> Zusätzliche Aufnahme von 0,50-0,75 mg/Tag (Verzehr von 3 g Salz/Tag)</p>	Teeaufgüsse:	0,34-5,2 mg/L	Gemüse, Früchte:	0,02-0,2 mg/kg	Milch, Milchprodukte:	0,05-0,15 mg/kg	Brot, Getreide:	0,1-0,29 mg/kg	Fleisch:	0,15-0,29 mg/kg	Fisch:	0,48-1,91 mg/kg
Teeaufgüsse:	0,34-5,2 mg/L												
Gemüse, Früchte:	0,02-0,2 mg/kg												
Milch, Milchprodukte:	0,05-0,15 mg/kg												
Brot, Getreide:	0,1-0,29 mg/kg												
Fleisch:	0,15-0,29 mg/kg												
Fisch:	0,48-1,91 mg/kg												
Zahnpflege	<p>Durchschnittliche Aufnahme über Zahnpasta:</p> <p>ca. 0,1 mg/Tag (Erwachsene)</p> <p>ca. 0,1-0,2 mg/Tag (Kinder)</p>												

* bei einem Körpergewicht von 70 Kilogramm

Abbildung 1: Fluorid – Vorkommen und Aufnahmemengen

³ Salze bestehen aus positiv und negativ geladenen Teilchen (Ionen), die durch elektrostatische Anziehung in einem Ionengitter zusammengehalten werden. Der bekannteste Vertreter ist Kochsalz (Natriumchlorid).

Fluoridsalze sind gut wasserlöslich. Fluorid kommt überall in der Erde und im Wasser vor, aber geografisch bedingt in verschiedenen Konzentrationen. Lebensmittel wie Gemüse, Obst, Tee, Milch, Fleisch und Fisch enthalten folglich ebenfalls geringe Mengen an Fluorid (im Bereich zwischen 0,1 bis 0,5 mg/kg; Abbildung 1). Es ist daher nicht möglich, eine Aufnahme des Spurenelementes zu vermeiden. Im menschlichen Körper sind 99% der Gesamtmenge an Fluorid in den Zähnen und Knochen zu finden.

2. Exposition in Europa: Über diese Quellen nehmen wir Fluorid auf

Eine der Hauptquellen für Fluorid ist Wasser. Die mittlere tägliche Fluoridaufnahme über Wasser und Getränke liegt in den EU-Ländern bei 0,13 mg pro Person.

Nach der deutschen Trinkwasserverordnung darf die Fluoridkonzentration im Leitungswasser 1,5 mg Fluorid/L nicht überschreiten. Dieser Wert wird laut Bundesministerium für Gesundheit nur selten überschritten. Die meisten Trinkwasserproben liegen unter 0,3 mg Fluorid/L.

Nach europäischem Recht darf der Fluoridgehalt von natürlichem Mineralwasser 5 mg/L nicht überschreiten. Wenn das Wasser mehr als 1,5 mg/L enthält, muss dies gekennzeichnet werden.

Spurenelement

Fluorid kommt weltweit in Wasser und Boden in unterschiedlichen Konzentrationen vor.

Fluorid kann Trinkwasser aus der Leitung, Zahnpflegemitteln und Haushaltssalz zugesetzt werden.



Wasser

Einige Länder geben seit den 1940er Jahren Fluorid zum Trinkwasser hinzu. In Deutschland wird Trinkwasser* **nicht** fluoridiert, dafür aber zwei Drittel des Haushaltssalzes.

*Gemeint ist *nicht* Mineralwasser aus dem Supermarkt. Mineralwasser, das mehr als 1,5 mg/L Fluorid enthält, muss in der EU gekennzeichnet sein.

Fluoridierung von Wasser und Salz

Seit den 1940er Jahren wird Trinkwasser in einigen Ländern mit Fluorid angereichert. In Europa wird Fluorid nur in einigen Regionen des Vereinigten Königreichs Großbritannien und Nordirland, Spaniens, Portugals und Irlands dem Trinkwasser zugesetzt. Trinkwasser wird in Deutschland **nicht** fluoridiert. Dafür sind in Deutschland zwei Drittel des konsumierten Haushaltssalzes fluoridiert. In der Schweiz sind es 85 Prozent und in einigen Ländern Lateinamerikas nahezu 100 Prozent.

Neben Wasser und Lebensmitteln können Mundhygieneprodukte wie Zahnpasten oder Mundspülungen geringe Mengen Fluorid enthalten, um den Zahnschmelz widerstandsfähiger zu machen. Fluoridhaltige Mundhygieneprodukte werden weltweit verwendet.

EFSA empfiehlt tägliche, angemessene Aufnahmemenge

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat die Vorteile für die Kariesprävention und das Risiko für die Entstehung einer Zahnfluorose (Dentalfluorose) abgewogen. Sie empfiehlt eine tägliche Aufnahmemenge **von 0,05 mg Fluorid pro Kilogramm Körpergewicht**. Diese Aufnahmemenge umfasst alle möglichen Aufnahmequellen (Trinkwasser, Lebensmittel, kosmetische Produkte etc.) und gilt sowohl für Kinder als auch Erwachsene (einschließlich Schwangeren). Eine 70 Kilogramm schwere Person sollte zur Kariesprävention also insgesamt 3,5 mg Fluorid pro Tag aufnehmen.

Nicht essenziell, aber...

Der menschliche Körper braucht nach bisherigem Kenntnisstand kein Fluorid.

Aber in adäquaten Mengen* reduziert Fluorid das Kariesrisiko.

*Zur Kariesprophylaxe empfiehlt die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit eine tägliche, angemessene Aufnahme **von 0,05 mg Fluorid** pro kg Körpergewicht. Dies entspricht insgesamt **3,5 mg Fluorid** pro Tag für eine 70 kg-Person.

Aufnahme

Über Wasser, Lebensmittel und Zahnpflegemittel nimmt jeder Fluorid auf*.

Die Aufnahmemenge liegt im Durchschnitt in Europa **unterhalb** der empfohlenen Zufuhr zur Kariesprophylaxe.



*Schätzungsweise 0,4 mg Fluorid/Tag über Lebensmittel und Getränke und 0,1 mg Fluorid/Tag über Zahnpflegemittel (für eine 70 kg Person in Deutschland)



Fluoridaufnahme pro Tag: Repräsentative Daten fehlen

Es liegen aktuell keine repräsentativen Daten vor, wie viel Fluorid eine Person in Europa pro Tag aufnimmt. Schätzungsweise nimmt eine 70 Kilogramm schwere Person in Deutschland pro Tag rund 0,4 mg Fluorid über Lebensmittel und Getränke und 0,1 mg Fluorid über Zahnpflegemittel auf. Die Aufnahmemenge liegt also deutlich unterhalb der empfohlenen Zufuhr zur Kariesprophylaxe.

3. Generelle Wirkungen auf den Körper

Nach allem was wir wissen, ist Fluorid nicht essentiell, d.h. lebensnotwendig, für den Menschen. Da es aber schwierig ist, die Fluoridaufnahme vollständig zu vermeiden, sind experimentelle Studien, die dies nachweisen, eine Herausforderung.

Für die Kariesprävention ist Fluorid allerdings von Bedeutung und es ist unstrittig, dass eine Aufnahme in adäquaten Mengen das Kariesrisiko reduziert. Bei sehr hohen Aufnahmemengen, die weit über den für Europa geschätzten Aufnahmemengen und der empfohlenen Menge zur Kariesprophylaxe liegen, können allerdings toxische Wirkungen auf die menschliche Gesundheit auftreten.

Akute und chronische Exposition

Die einmalige orale⁴ Aufnahme einer hohen Fluoridmenge kann Bauch- und Kopfschmerzen, Übelkeit und Durchfall hervorrufen und bei extrem hohen Aufnahmemengen zu Koma und sogar zum Tod führen. Man spricht in diesem Fall von einer akut zu hohen Fluoridexposition und einer dadurch bedingten akuten Toxizität des Fluorids.

Wird über eine längere Zeit regelmäßig eine zu hohe Fluoridkonzentration aufgenommen kann es zur Zahn- sowie Skelettfluorose kommen. Man spricht in diesem Fall von einer chronisch zu hohen Fluoridexposition und einer dadurch bedingten chronischen Toxizität des Fluorids.

⁴ Mit dem Begriff „oral“ wird eine Aufnahme über den Mund bezeichnet.

Zahnfluorose und positive Effekte bei der Kariesprävention

Die Zahnfluorose ist eine Langzeitwirkung von Fluorid beim Menschen, die gut dokumentiert ist. Bei der Zahnfluorose können sich – je nach Ausmaß der Fluorose – Verfärbungen in Form von weißen Flecken oder Streifen auf der Zahnschmelzoberfläche der sich entwickelnden Zähne bilden. Bei sehr hohen Aufnahmemengen sind massive Defekte mit Substanzverlust möglich. Die Anfälligkeit für Dentalfluorose endet im Alter von etwa acht Jahren, wenn die Schmelzreifung abgeschlossen ist.

Das Risiko einer Zahnfluorose sollte in Bezug zur kariespräventiven Wirkung von Fluorid bewertet werden. Studien aus Zeiten, als natürlich vorkommendes Fluorid im Trinkwasser in bestimmten Gebieten die einzig relevante Quelle für die Aufnahme von Fluorid war, zeigten, dass die Anzahl der Menschen mit Karies negativ mit der Fluoridkonzentration im Trinkwasser zusammenhing, mit einer maximal schützenden Wirkung bei 1 mg Fluorid pro Liter. Bei dieser Fluoridkonzentration im Trinkwasser wiesen zehn Prozent der Studienpopulation eine leichte Zahnfluorose auf. In Abwägung zwischen dem Nutzen der Kariesprävention und dem Risiko von Zahnfluorose empfiehlt die EFSA daher eine adäquate Aufnahmemenge von 0,05 mg Fluorid/kg Körpergewicht pro Tag (siehe oben) aus allen möglichen Fluoridquellen für Kinder und Erwachsene, einschließlich schwangerer und stillender Frauen.

Reversible Skelettfluorose

Als Skelettfluorose bezeichnet man den Knochenschwund infolge von Veränderungen der Knochenstruktur, der zu einem erhöhten Risiko von Knochenbrüchen führt. Es handelt sich um einen Effekt, dessen Folgen wieder umkehrbar sind. Skelettfluorose tritt in Ländern auf, in denen die Trinkwasserquellen von Natur aus einen hohen Fluoridgehalt (> 4 mg/L) aufweisen und in denen der Wasserkonsum aufgrund des heißen Klimas hoch ist.

4. Studien zur entwicklungsneurotoxischen Wirkung von Fluorid

In einer aktuellen Forschungsarbeit haben Expertinnen und Experten der SKLM die zur Verfügung stehenden Daten zur entwicklungsneurotoxischen Wirkung von Fluorid ausgewertet. Im Fokus stand die Frage, ob eine dauerhaft erhöhte Fluoridaufnahme der geistigen Entwicklung von Kindern schaden kann. Dazu wurden die bisherigen Ergebnisse aus Tierversuchen, Experimenten mit Zellkulturen und Beobachtungsstudien am Menschen (epidemiologische Studien) ausgewertet und miteinander verglichen.

Tierversuche und Experimente in der Zellkultur

In Tierversuchen wurde gezeigt, dass Fluorid in hoher Dosierung entwicklungsneurotoxische Wirkungen auslösen kann. Eine große Anzahl der veröffentlichten Tierstudien erfüllte allerdings die wissenschaftlichen Standards nicht. Für eine verlässliche Risikoabschätzung können die Ergebnisse dieser Studien daher nicht verwendet werden. Einige wenige Studien wurden nach wissenschaftlich anerkannten Standards durchgeführt. In diesen Studien lagen die höchsten Dosierungen, die noch keine nachteiligen Wirkungen auf den Organismus bzw. das Entwicklungssystem zeigten, im Bereich von 3 bis 8 bzw. 9 bis 14 mg pro Kilogramm Körpergewicht und Tag (Fachbezeichnung NOAEL, "No observed adverse effect level"). Die niedrigsten Dosierungen, die nachteilige Wirkungen auf den Organismus bzw. das Entwicklungssystem zeigten (Fachbezeichnung LOAEL, "Lowest observed effect level") lagen dementsprechend oberhalb dieses Dosisbereichs. Sie liegen damit um mehrere Größenordnungen über den natürlichen Expositionswerten beim Menschen bzw. der empfohlenen Aufnahmemenge zur Kariesvorbeugung. Das heißt, dass der Sicherheitsabstand (der sog. „Margin of Exposure“) zwischen im Tierversuch beobachteten entwicklungsneurotoxischen Wirkungen und den Aufnahmemengen beim Menschen groß ist.

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Auswertung der 26 analysierten Studien mit Zellkulturen. Die Fluoridkonzentrationen, die in den Studien an den verschiedensten Nervenzellarten eine Wirkung zeigten, lagen ebenfalls um mehrere Größenordnungen über den Fluoridkonzentrationen, die im menschlichen Blut gemessen wurden.

Epidemiologische Studien

Für den Zeitraum von Januar 2012 bis August 2019 konnten insgesamt 23 epidemiologische Studien⁵ identifiziert werden, die den Zusammenhang zwischen einer Fluoridaufnahme und der Intelligenz von Kindern untersuchten. Die meisten der einbezogenen Studien waren aber methodisch nicht ausreichend angelegt, um einen kausalen Zusammenhang zu bestätigen, d.h. Fluorid als Ursache zu identifizieren. So wurden andere Faktoren, die nachweislich einen Einfluss haben, wie der familiäre Sozialstatus, der Beitrag weiterer Fluoridquellen zur Exposition oder die Aufnahme toxischer Stoffe wie Arsen oder Quecksilber über das Trinkwasser, unzureichend oder gar nicht berücksichtigt.

Eine weitere große Einschränkung ist, dass fast alle Studien auf einer einmaligen Testung der Intelligenz der Kinder beruhten. Die Ergebnisse solcher sogenannten Querschnittstudien bilden lediglich eine Momentaufnahme und dienen in der Wissenschaft hauptsächlich der Aufstellung von Hypothesen, die in weiterführenden Studien bewiesen oder widerlegt werden. Für Daten, die einen Zusammenhang zwischen einer dauerhaften Fluoridaufnahme und der Entwicklung der Intelligenz beweisen, müssen Populationen über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Dies ist in sog. Längsschnittstudien der Fall.

Epidemiologische Studien widersprechen sich

Die meisten der 23 analysierten Studien wurden in Gegenden mit natürlicherweise hohen bzw. schwankenden Fluorid-Konzentrationen durchgeführt und sind für die Bewertung eines möglichen Risikos in Europa daher wenig aussagekräftig. Unter den 23 Studien waren nur zwei Längsschnittstudien aus Gebieten mit einer zu Europa vergleichbaren Exposition. Diese zwei Arbeiten kamen zu widersprüchlichen Ergebnissen. Während die eine Studie aus Neuseeland⁶ keinen Zusammenhang feststellen konnte, schlussfolgerte die andere Studie aus Kanada⁷, dass höhere Fluoridexpositionen von Schwangeren mit leicht niedrigeren IQ-Werten der Söhne

⁵ Als epidemiologischen Studien bezeichnet man Beobachtungsstudien am Menschen unter realen Umweltbedingungen. Die Epidemiologie ist eine wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Verteilung von Krankheiten in einer Bevölkerung beschäftigt und mit den Faktoren, die diese Verteilung beeinflussen.

⁶ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24832151/>

⁷ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31424532/>

zusammenhängen könnten. Für Mädchen konnte das allerdings nicht bestätigt werden, der IQ war hier teilweise sogar höher.

Fazit der SKLM: Kein Anlass zur Besorgnis bei Fluoridexposition in Europa

Nach Auswertung der vorliegenden Ergebnisse aus Tierversuchen, Experimenten mit Zellkulturen und epidemiologischen Studien kommt die SKLM auf Basis der aktuell verfügbaren Daten zu folgendem Schluss: Bei den Expositionswerten, denen wir in Europa ausgesetzt sind, besteht **kein Anlass zur Sorge**, dass Fluorid entwicklungsneurotoxische Wirkungen auslöst. Für eine umfassende Risikobewertung hält die SKLM weitere Forschung für notwendig. Dies umfasst mehr qualitativ gute Tierstudien und humane Längsschnittstudien sowie eine systematische Analyse des Fluoridgehalts der Quellen, denen wir in der EU ausgesetzt sind.

Exposition und Gesundheit

Bei der aktuellen Fluorid-Exposition in Europa besteht **kein Anlass zur Besorgnis**.

Aber: Eine akut sehr hohe orale Aufnahme kann der Gesundheit schaden, ebenso wie eine hohe Fluorid-Aufnahme über längere Zeit.

"Dosis sola facit venenum"
Nur die Dosis macht das Gift
(Paracelsus).