



[Startseite](#) >> [Lebensmittel](#) >> [Chemie](#) >> [Kontaminanten](#) >> [Pfas](#)

# Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) (einschl. (einschließlich)Ersatzprodukte)

- ✓ [Hintergrund](#)
- ✓ [Möglichkeiten einer Bewertung](#)
  - ✓ [Bewertung von perfluorierten Substanzen im Trinkwasser](#)
  - ✓ [Bewertung von perfluorierten Substanzen in Lebensmitteln](#)
  - ✓ [Bewertung der Luft an Arbeitsplätzen](#)
- ✓ [Mehr zu diesem Thema](#)

## Hintergrund

Erst relativ spät um das Jahr 1930 setzte die industrielle Entwicklung der organischen Fluorchemie ein. Insgesamt durchzieht der Einsatz von organischen Fluorverbindungen mittlerweile viele Lebensbereiche.

Unter dem Begriff per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) wird eine Untergruppe der organischen Fluorverbindungen verstanden, bei denen alle oder weitgehend alle Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst durch Fluoratome ersetzt sind (siehe [Abb. \(Abbildung\) 1](#)). Eine ältere Bezeichnung für diese Substanzklasse lautet perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC). Da es sich bei der polaren Kohlenstoff-Fluor-Bindung um eine der stabilsten Bindungen in der organischen Chemie handelt, weisen die PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) eine höhere thermische und chemische Stabilität auf als analoge Kohlenwasserstoffverbindungen.

Eine Untergruppe der PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) sind die sogenannten perfluorierten Tenside. Diese Bezeichnung ist jedoch nur im deutschen Sprachraum üblich. Es handelt sich um Substanzen mit einem amphiphilen Charakter. Während die fluorierte Kohlenstoffkette lipophil ist, besitzt die Kopfgruppe hydrophile Eigenschaften. Dadurch sind sie, wie andere Tenside, in der Lage, die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit oder die Grenzflächenspannung zwischen zwei Phasen herabzusetzen. Die derzeit am meisten diskutierten Stoffgruppen der perfluorierten Tenside sind die perfluorierten Alkylcarbonsäuren (PFCA), die perfluorierten Alkylsulfonsäuren (PFSA) und die Fluortelomeralkohole (FTOH). PFOS (Perfluorooctansulfonat)-Verbindungen („PFOS (Perfluorooctansulfonat) related compounds“) sind eine große Gruppe von anthropogenen Chemikalien, die alle Derivate der

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) sind oder in der Umwelt in diese umgewandelt werden können. In der Abbildung 1A ist das Anion der Perfluorooctansulfonsäure, das Perfluorooctansulfonat, grafisch dargestellt. Bei den perfluorierten Alkylcarbonsäuren (PFCA) handelt es sich um Chemikalien, die eine Carbonsäuregruppe direkt an der perfluorierten Kohlenstoffkette tragen. Als Beispiel ist in Abbildung 1B die Perfluorooctansäure (PFOA) gezeigt. Auch der Begriff PFOA (Perfluorooctansäure) wird als Gruppenname für die eigentliche Säure und ihre Salze verwandt. Bei den Fluortelomeralkoholen handelt es sich um verschiedene Chemikalien, die neben der fluorierten Kohlenstoffkette noch kohlenstoffgebundene Wasserstoffatome und eine OH-Gruppe aufweisen. Ihre Benennung erfolgt durch Angabe der Anzahl fluoriertes Kohlenstoffatome zu denen, die ein Wasserstoffatom tragen, getrennt durch einen Doppelpunkt. In der Abbildung 1C ist das 8:2 FTOH (Fluortelomeralkohole) (Perfluorooctylethanol) grafisch dargestellt.

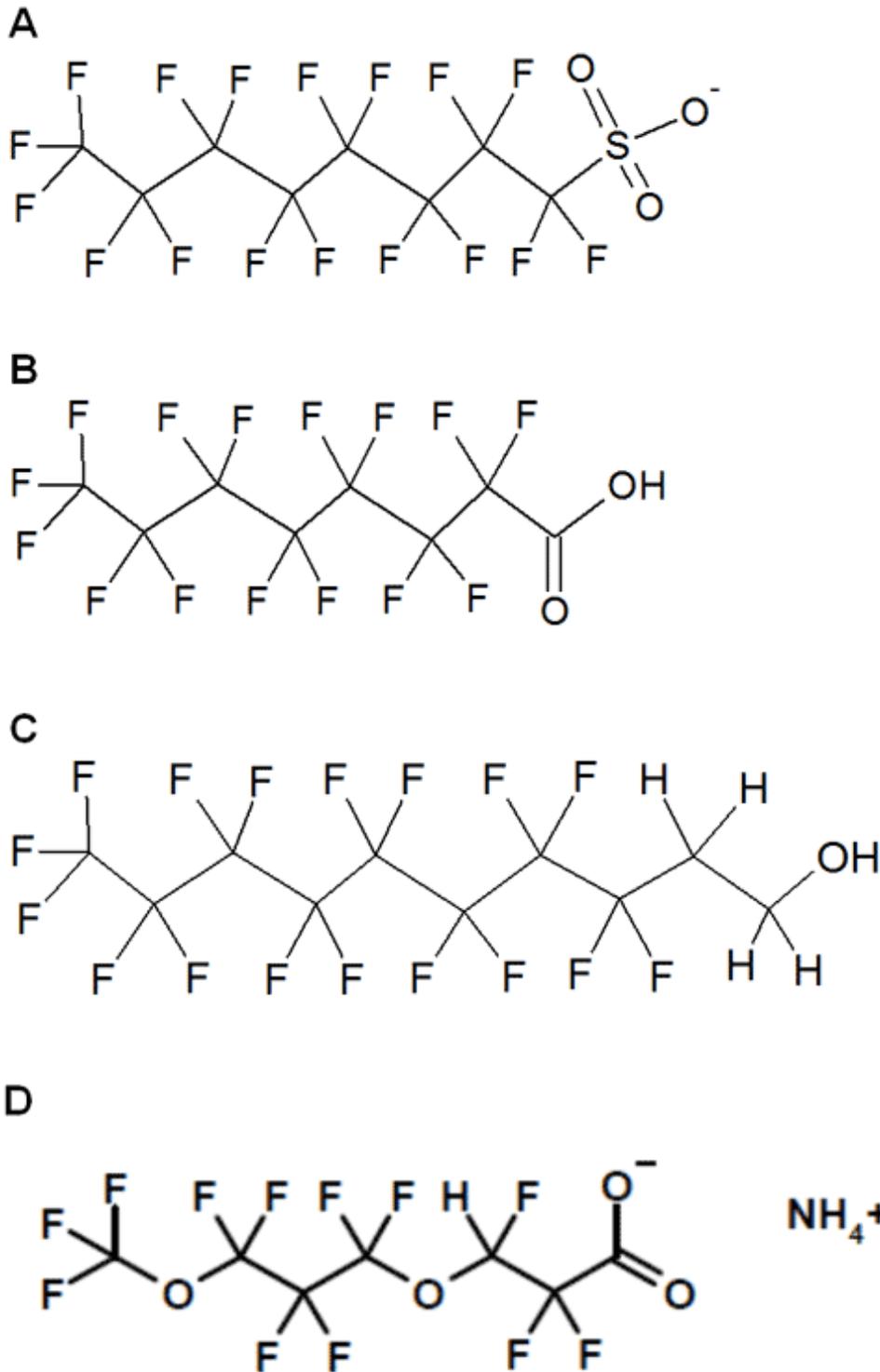


Abb.(Abbildung). 1: Strukturformeln von (A) Perfluorooctansulfonat (PFOS), (B) Perfluorooctansäure (PFOA), (C) Perfluorooctylethanol (8:2 FTOH) und (D) Ammoniumsalz der Perfluor-4,8-dioxa-3H-nonansäure (ADONA)

Tab.(Tabelle). 1: Auswahl wichtiger perfluorierter Verbindungen

Akronym	Substanzname
<b>Perfluorierte Alkylcarbonsäuren (PFCA)</b>	
PFBA	Perfluorbutansäure

PFPeA	Perfluorpentansäure
PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHpA	Perfluorheptansäure
PFOA	Perfluoroctansäure
PFNA	Perfluorononansäure
PFDA	Perfluordecansäure
PFUnDA	Perfluorundecansäure
PFDoDA	Perfluordodecansäure
<b>Perfluorierte Alkylsulfonsäuren (PFSA)</b>	
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
PFPeS	Perfluorpentansulfonsäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure
PFOS	Perfluoroctansulfonsäure
PFNS	Perfluorononansulfonsäure
PFDS	Perfluordecansulfonsäure
PFUnDS	Perfluorundecansulfonsäure
PFDoDS	Perfluordodecansulfonsäure
<b>Fluortelomeralkohole(FTOH)</b>	
4:2 FTOH	2-Perfluorbutylethanol
6:2 FTOH	2-Perfluorhexylethanol
8:2 FTOH	2-Perfluorocylethanol
10:2 FTOH	2-Perfluordecylethanol
12:2 FTOH	2-Perfluordodecylethanol
14:2 FTOH	2-Perfluortetradecylethanol
16:2 FTOH	2-Perfluorhexadecylethanol

Aufgrund ihrer thermischen und chemischen Stabilität, ihrer Beständigkeit gegenüber UV (Ultraviolett) (ultraviolett)-Strahlung und Verwitterung sowie der schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisenden Eigenschaften fanden PFOS (Perfluoroctansulfonat)-Verbindungen in einer Vielzahl von Industrie- und Konsumprodukten Anwendung. Im Gegensatz zu PFOS (Perfluoroctansulfonat) werden PFOA (Perfluoroctansäure)-Verbindungen im Wesentlichen nur als Prozessierungshilfe (Emulgatoren) in der Herstellung von Fluorpolymeren eingesetzt. Eine Verunreinigung der Umwelt ist somit insbesondere durch Emissionen während des Herstellungsprozesses und als Verunreinigung in Polymeren sowie anderen Anwendungen zu befürchten.

Die vorgenannten Substanzen lassen sich in vielen Umweltmedien und Organismen nachweisen und sind aufgrund ihrer Persistenz und Akkumulation teilweise verboten. Vor diesem Hintergrund werden verstärkt Ersatzprodukte entwickelt und eingesetzt. Eines ist das sogenannte ADONA (Ammoniumsalz der Perfluor-4,8-dioxa-3H-nonansäure; siehe Abbildung 1D), das anstelle von PFOA (Perfluorooctansäure) als Prozessierungshilfe im Rahmen der Fluorpolymerproduktion eingesetzt wird.

## Möglichkeiten einer Bewertung

Im Rahmen einer Neubewertung hat sich die Kommission Humanbiomonitoring am Umweltbundesamt mit PFOS (Perfluorooctansulfonat) und PFOA (Perfluorooctansäure) befasst und aktuelle HBM (Human-Biomonitoring)-I-Werte von 2 µg/l Blutplasma für PFOA (Perfluorooctansäure) und 5 µg/l für PFOS (Perfluorooctansulfonat) abgeleitet (siehe "Links" in der rechten Spalte). Die Neubewertungen waren insbesondere deshalb notwendig, da epidemiologische Studien Effekte auf die Schilddrüse, das Immunsystem und die Reproduktion in sehr niedrigen Dosisbereichen ergeben haben. Dabei kennzeichnet ein HBM (Human-Biomonitoring)-I-Wert die Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei deren Unterschreitung nach dem aktuellen Stand der Bewertung nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist. Eine ausführliche Erläuterung der HBM-II-Werte für PFOA (Perfluorooctansäure), deren Anwendung und die gesundheitliche Bewertung finden Sie auf der Internetseite ["Umweltkontamination durch Freisetzung von Perfluorooctansäure \(PFOA\) im Landkreis Altötting - Gesundheitliche Bewertung nach Einführung der HBM \(Human-Biomonitoring\)-II-Werte für PFOA \(Perfluorooctansäure\)"](#).

## Bewertung von perfluorierten Substanzen im Trinkwasser

Für PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) im Trinkwasser sind in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) bislang keine verbindlichen Grenzwerte festgelegt. Grundsätzlich dürfen allerdings nach § (Paragraph) 6 Abs. (Absatz) 1 TrinkwV (Trinkwasserverordnung) im Trinkwasser chemische Stoffe „nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.“

Nach einer gesundheitlichen Bewertung von für Trinkwasser relevanten PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)-Verbindungen hat das UBA (Umweltbundesamt) nach Anhörung der Trinkwasserkommission im Jahr 2017 eine Empfehlung für den Umgang überwachender Behörden und Institutionen mit der Angabe von 13 Leitwerten (TWLW (Trinkwasserleitwert)) bzw. (beziehungsweise) Gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) bewertbarer PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)-Verbindungen im Trinkwasser veröffentlicht. Dabei stellen Leitwerte bzw. (beziehungsweise) GOW (gesundheitlicher Orientierungswert) Beurteilungswerte dar, bei deren Einhaltung auch bei lebenslanger Aufnahme über das Trinkwasser keine gesundheitliche Besorgnis im Sinne von § (Paragraph) 6 Abs. (Absatz) 1 TrinkwV (Trinkwasserverordnung) gegeben ist. Die Leit- und Orientierungswerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tab.(Tabelle). 2: Empfehlungen zu Trinkwasser-Leitwerten (TWLW) und Gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW)

Name, Abkürzung (CAS Nr.)	TWLW (Trinkwasserleitwert) (µg/l)	GOW (Gesundheitlicher Orientierungswert) (µg/l)
Perfluorbutansäure, PFBA (375-22-4)	10	-
Perfluorpentansäure, PFPeA (2706-90-3)	-	3,0
Perfluorhexansäure, PFHxA (307-24-4)	6	-
Perfluorheptansäure, PFHpA (375-85-9)	-	0,3
Perfluoroctansäure, PFOA (335-67-1)	0,1	-
Perfluorononansäure, PFNA (375-95-1)	0,06	-
Perfluordecansäure, PFDA (335-76-2)	-	0,1
Perfluorbutansulfonsäure, PFBS (375-73-5)	6	-
Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS (355-46-4)	0,1	-
Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS (375-92-8)	-	0,3
Perfluoroctansulfonat, PFOS (1763-23-1)	0,1	-
H4-Polyfluoroctansulfonsäure, H4PFOS (27619-97-2)	-	0,1
Perfluoroctansulfonamid, PFOSA (754-91-6)	-	0,1

Das UBA (Umweltbundesamt) hat im Dezember 2019 einen neuen „Vorsorge-Maßnahmenwert“ in Höhe von jeweils 50 ng/L (Nanogramm pro Liter) für PFOA (Perfluoroctansäure) bzw. (beziehungsweise) PFOS (Perfluoroctansulfonsäure) empfohlen. Dieser Wert gilt nur für die besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppen Schwangere, stillende Mütter, Säuglinge und Kleinkinder bis zu einem Alter von 24 Monaten.

Bei den Leitwerten, GOW (gesundheitlichen Orientierungswert) und dem Vorsorge-Maßnahmenwert handelt sich nicht um rechtsverbindliche Grenzwerte, sondern um das Ergebnis wissenschaftlicher Bewertungen.

Am 12. Januar 2021 ist die novellierte EU (Europäische Union)-Trinkwasserrichtlinie (Richtlinie (EU) 2020/2184) in Kraft getreten, welche erstmals Parameterwerte für PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) vorsieht. Der Summenparameterwert für „PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) gesamt“ (alle PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) in der Trinkwasserprobe) beträgt 500 ng/L. Für die Summe 20 definierter PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) mit einem perfluorierten Alkylanteil aus drei bis 13 Kohlenstoffatomen („Summe der PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)“) beträgt der Parameterwert 100 ng/L (Nanogramm pro Liter). Die novellierte EU (Europäische Union)-Trinkwasserrichtlinie muss noch in nationales Recht, d. h. (das heißt) im Wesentlichen in der TrinkwV (Trinkwasserverordnung), umgesetzt werden. Ob es dabei aufgrund der beschriebenen

toxiko-logischen Bewertungen zur Festlegung strengerer Grenzwerte, Leitwerte oder GOW (Gesundheitlicher Orientierungswerte) für ausgewählte PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) im Trinkwasser kommen wird, ist Gegenstand laufender Abwägungen.

## Bewertung von perfluorierten Substanzen in Lebensmitteln

Die amerikanische Umweltschutzbehörde (US EPA) hat in einer aktuellen Bewertung auf der Basis tierexperimenteller Studien eine Reference Dose (RfD) von jeweils 20 ng/kg KG (Körpergewicht) für PFOA (Perfluorooctansäure) und PFOS (Perfluorooctansulfonat) abgeschätzt (siehe "Links" in der rechten Spalte). Von der amerikanischen Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) wurden 2018 sogenannte „Intermediate Oral Minimal Risk Levels“ in Höhe von 3 ng/kg KG (Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht) für PFOS (Perfluorooctansulfonat) und 2 ng/kg KG (Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht) für PFOS (Perfluorooctansulfonsäure) abgeleitet.

Die europäische Lebensmittelbehörde (EFSA) hat 2020 eine duldbare wöchentliche Aufnahme (TWI, tolerable weekly intake) von 4,4 ng/kg KG (Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht) für PFOA (Perfluorooctansäure), PFOS (Perfluorooctansulfonsäure), PFNA (Perfluorononansäure) und PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure) abgeleitet (siehe "Links" in der rechten Spalte). Umgerechnet auf einen Tag entspricht dies einer täglichen Aufnahmemenge von 0,63 ng/kg KG (Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht), die lebenslang aufgenommen werden kann, ohne dass gesundheitsschädliche Auswirkungen anzunehmen sind.

Die EU (Europäische Union)-Kommission hat mit der Verordnung (EU (Europäische Union)) 2022/2388 zur Änderung der Verordnung (EG (Europäische Gemeinschaft)) Nr. 1881/2006 Höchstgehalte für die vier von der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) bewerteten Die (EU)-Kommission hat mit der Verordnung (EU) 2022/2388 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. (Nummer) 1881/2006 Höchstgehalte für die vier von der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) bewerteten PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) (PFOA (Perfluorooctansäure), PFOS (Perfluorooctansulfonat), PFNA (Perfluorononansäure), PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure)) sowie deren Summengehalt in bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs eingeführt, die seit 01.01.2023 gelten. Höchstgehalte wurden festgelegt für Hühnereier, Fischfleisch (in Abhängigkeit von der Fischart unterteilt in drei Kategorien), Krebstiere und Muscheln, Fleisch und Innereien von Rindern, Schweinen und Geflügel sowie von Schafen und von Wild.

Da bei anderen Lebensmitteln bislang nur in wenigen Fällen PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)-Gehalte festgestellt werden konnten, verzichtete der Gesetzgeber vorerst auf die Festlegung von Höchstgehalten für diese Lebensmittel, sondern legte mit der Empfehlung (EU (Europäische Union)) 2022/1431 lediglich Richtwerte für Obst, Gemüse, stärkehaltige Wurzeln und Knollen, Wildpilze, Milch und Beikost fest. Wenn diese Richtwerte überschritten werde, sollte eine weitergehende Untersuchung der Ursachen für die Kontamination durchgeführt werden.

## Bewertung der Luft an Arbeitsplätzen

Die DFG (Deutsche Forschungsgesellschaft)-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe hat 2005 für PFOA (Perfluorooctansäure) und ihre anorganischen Salze eine maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)-Wert) von 0,005 mg/m<sup>3</sup> und 2010 für PFOS (Perfluorooctansulfonat) und ihre anorganischen Salze von 0,01 mg/m<sup>3</sup> in der alveolengängigen Staubfraktion festgelegt.

## Mehr zu diesem Thema

---

### Allgemeine Informationen zum Thema

› [Kontaminanten/Verunreinigungen](#)

### Untersuchungsergebnisse

- › [Bericht zum LGL \(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit\)-Sonderuntersuchungsprogramm PFAS \(Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen\) in Trinkwasser" - Band 13 der Schriftenreihe Lebensmittelsicherheit in Bayern](#)
- › [Abschlussbericht PFAS Monitoring \(PDF, 8MB\)](#)
- › [Untersuchung von tierischen und sonstigen Lebensmitteln auf PFAS - Untersuchungsergebnisse seit 2019](#)
- › [Untersuchung von tierischen und sonstigen Lebensmitteln Untersuchungsergebnisse 2007–2019](#)
- › [PFOA \(Perfluorooctansäure\) und PFOS \(Perfluorooctansulfonsäure\) in Fischen](#)
- › [Untersuchung von Wildfleisch und -innereien sowie Wildschweinfleisch und -innereien – Untersuchungsergebnisse 2009–2020](#)
- › [Trinkwasseruntersuchungen auf PFAS \(Perfluorierte Tenside\) – Untersuchungsergebnisse 2007–2009](#)
- › [Untersuchung von Gemüse auf PFAS \(Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen\) - Untersuchungsergebnisse seit 2007](#)
- › [Messwerte des LGL \(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit\) zu perfluorierten Substanzen in Trinkwasser, Landkreis Altötting, ab November 2016](#)
- › [Messwerte des LGL \(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit\) zu PFAS \(Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen\) in Trinkwasser, Landkreis Altötting, 2006–2016](#)
- › [Untersuchung von tierischen und sonstigen Lebensmitteln im Landkreis Altötting– Untersuchungsergebnisse seit 2007](#)
- › [Untersuchung zu Proben von Wildschweinfleisch und -innereien sowie Wildfleisch und -innereim im Landkreis Altötting– Untersuchungsergebnisse seit 2009](#)

---

Dokument aktualisiert am: 01.02.2023

Autor:

Dr. Holger Knapp - Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

