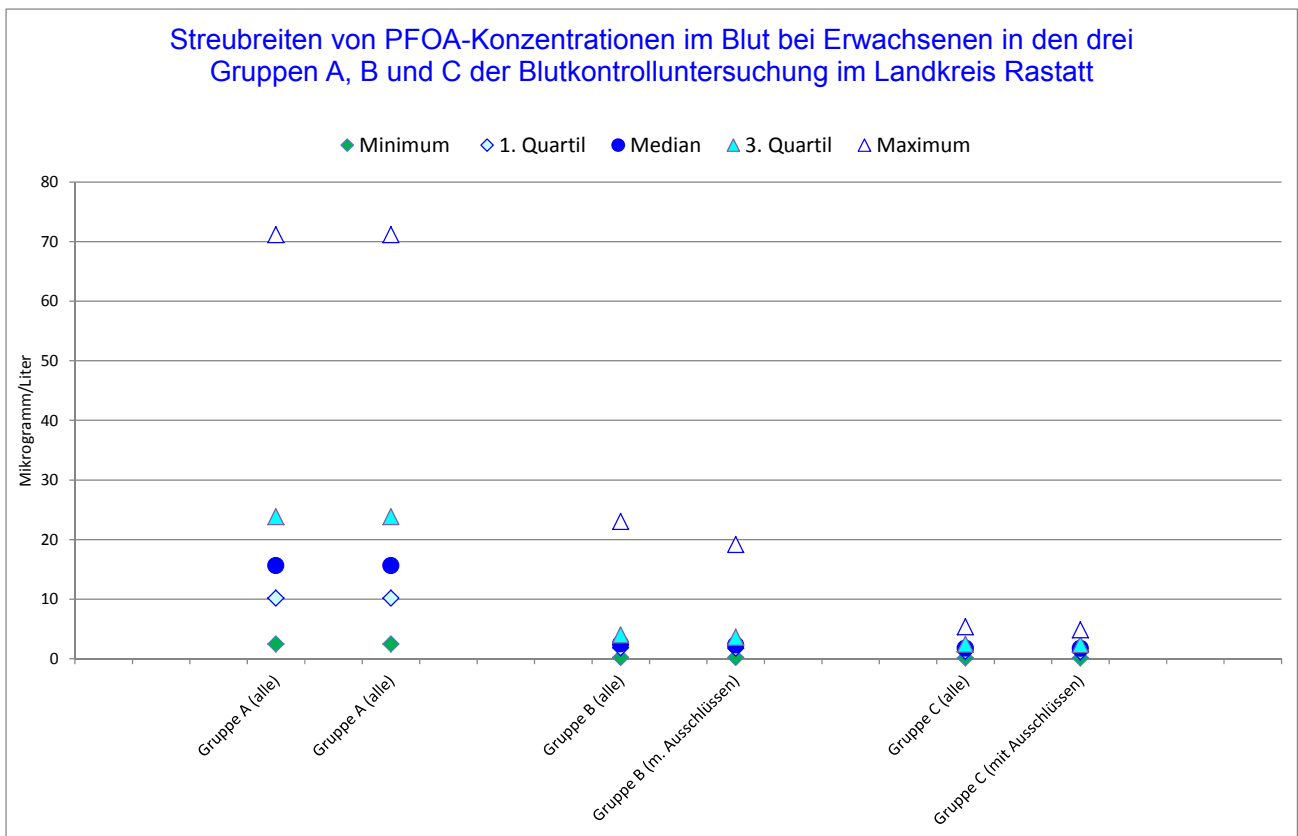


# Ergebnisse der PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2018



Im Auftrag des Ministeriums für Soziales und Integration Baden-Württemberg





**Ergebnisse der  
PFC-Blutkontrolluntersuchung  
im Landkreis Rastatt  
2018**

Im Auftrag des Ministeriums für Soziales und Integration Baden-Württemberg

Wir danken allen an der Blutkontrolluntersuchung teilnehmenden Personen für Ihre Bereitschaft, diese Untersuchung zu unterstützen. Ein besonderer Dank gebührt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Gesundheitsamtes Rastatt und Frau G. Horras-Hun, ohne deren Engagement die Organisation und Durchführung der Untersuchung nicht möglich gewesen wäre. Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Labors des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin in Erlangen danken wir für die sorgfältige Analyse der Blutproben.

Allen Expertinnen und Experten, die das Landesgesundheitsamt bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis sachkundig und engagiert beraten haben, gilt ebenfalls ein besonderer Dank.

## **Impressum**

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg · Nordbahnhofstr. 135 · 70191 Stuttgart  
Tel. 0711 904-35000 · Fax 0711 904-35010 · [abteilung9@rps.bwl.de](mailto:abteilung9@rps.bwl.de) ·  
[www.gesundheitsamt-bw.de](http://www.gesundheitsamt-bw.de)

Ansprechpartnerin:

Prof. Dr. Iris Zöllner

Tel. 0711 904-39511 · [iris.zoellner@rps.bwl.de](mailto:iris.zoellner@rps.bwl.de)

Februar 2019



Projektleitung: Prof. Dr. Iris Zöllner

Bericht: Prof. Dr. Iris Zöllner, Dr. Katharina Cibis, Rainer Brosch und  
Prof. Dr. Thomas Göen (Erlangen)

## **Haftungsausschluss**

Die Broschüre wurde nach bestem Wissen und Gewissen sorgfältig zusammengestellt und geprüft. Es wird jedoch keine Gewähr – weder ausdrücklich noch stillschweigend – für die Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität und Qualität der Informationen Dritter in der Broschüre selbst oder ggf. für Verweise bzw. Inhalte auf verlinkte Internetseiten einschließlich deren Verfügbarkeit übernommen. In keinem Fall wird für Schäden, die sich aus der Verwendung der abgerufenen Informationen ergeben, eine Haftung übernommen. Mit den Verweisen bzw. Links auf Internetseiten Dritter wird lediglich der Zugang zur Nutzung von Inhalten vermittelt. Für fehlerhafte, unvollständige oder illegale Inhalte und für Schäden, die aus der Nutzung entstehen, haftet allein der Anbieter der Seite, auf welche verwiesen wurde.

## **Mitglieder des Expertenkreises zur Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt**

(in alphabetischer Reihenfolge)

Dr. Klaus Abraham	Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
Andreas Adam	Bürgerinitiative „Sauberes Trinkwasser für Kuppenheim“
Dr. Hans-Jürgen Bortel	Gesundheitsamt, Landratsamt Rastatt (bis 9/2018)
Prof. Dr. Hermann Fromme	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), München
Prof. Dr. Matthias Greiner	Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
PD Dr. Jürgen Hölzer	Ruhr-Universität Bochum, Bochum
Dr. Ulrich Krahl	Gesundheitsamt, Landratsamt Rastatt
Jens Nottermann	Regierungspräsidium Karlsruhe, Stabsstelle PFC
Dr. Günter Pfaff	Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (bis 8/2018)
Dr. Peter Schäfer	Fachbereich Gesundheit, Mannheim
Dr. Ulrich Schumann	Bürgerinitiative „Sauberes Trinkwasser für Kuppenheim“
Reiner Söhlmann	Landratsamt Rastatt, Rastatt
Dr. Karlin Stark	Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg
Dr. Thilo Walker	Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg, Stuttgart

# Inhaltsverzeichnis

1 Hintergrund der Untersuchung.....	5
1.1 Ausgangssituation.....	5
1.2 Bewertungsgrundlagen - Referenzwerte, BAT-Werte und HBM-Werte .....	8
2 Untersuchungsplan und Methodik.....	8
2.1 Ziele der Untersuchung.....	8
2.2 Untersuchungsdesign .....	8
2.3 Studienpopulation und Ablauf der Untersuchung.....	10
2.4 Zielgrößen der Untersuchung .....	10
2.5 Labormethoden.....	11
2.6 Statistische Methoden.....	13
3 Ergebnisse .....	14
3.1 Beschreibung der untersuchten Gruppen nach Alter und Geschlecht .....	14
3.2 Auswertung der PFC-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen .....	16
3.2.1 Beschreibung der PFC-Konzentrationen in den Gruppen A, B und C.....	17
3.2.2 Vergleich der Histogramme der PFC-Konzentrationen in den drei Gruppen.....	28
3.2.3 Paarvergleiche der PFOA- und PFOS-Konzentrationen in Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C .....	43
3.2.4 Explorative Paarvergleiche weiterer PFC-Konzentrationen in Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C .....	44
3.2.5 PFOA-Konzentrationen im Blut in Abhängigkeit vom Trinkwasser- konsum und von der untersuchten Gruppe.....	45
4 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse .....	48
5 Literatur.....	51
6 Anhang .....	52

## 1 Hintergrund der Untersuchung

### 1.1 Ausgangssituation

Im Raum Rastatt und dem Stadtkreis Baden-Baden wurden bis 2008 mit PFC belastete Komposte auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Dies führte zu einer Belastung der Böden, des Grund- und damit auch des Trinkwassers. Die Trinkwasserbelastung wurde nach Bekanntwerden im Jahr 2013 durch weitreichende Maßnahmen wie etwa die Außerbetriebnahme einzelner Brunnen, Aufbereitung des Trinkwassers sowie die Entwicklung eines neuen Entnahmemanagements mit dem Aufbau neuer Verbundlösungen und der Erschließung neuer, unbelasteter Brunnen deutlich gesenkt. Die aktuell in öffentlichen Wasserversorgungen gemessenen Werte liegen unterhalb der Leit- und gesundheitlichen Orientierungswerte bzw. häufig sogar unter dem allgemeinen Vorsorgewert.

Bei von der Bürgerinitiative „Sauberes Trinkwasser für Kuppenheim e.V.“ in den Jahren 2015 und 2016 in Auftrag gegebenen Blutuntersuchungen auf PFC wurden bei einigen Personen aus dem betroffenen Gebiet PFOA-Konzentrationen zwischen 12 und 64 Mikrogramm pro Liter gemessen. Weil zunächst nur relativ wenige Blutproben untersucht wurden, konnte die Verteilung der PFOA-Werte in der betroffenen Bevölkerung auf dieser Basis vor der Blutkontrolluntersuchung nicht eingeschätzt und bewertet werden.

Eine Beurteilung im Hinblick auf mögliche Folgen für die Gesundheit war und ist insbesondere deshalb schwierig, weil neben Referenzwerten und Biologischen Arbeitsstoff-Toleranzwerten (BAT-Werten) für PFOA und PFOS zwar seit Juli 2016 ein erster Humanbiomonitoring-Wert (HBM-I-Wert) zur Beurteilung von PFOA- und PFOS-Konzentrationen im Blut von Personen festgelegt wurde, jedoch ein für die Beurteilung individueller Werte eher entscheidender sogenannter HBM-II-Wert, bei dessen Überschreitung mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu rechnen wäre, auf Grund unzureichender Daten bisher nicht festgelegt wurde.

Für Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluornonansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA) Perfluorundekansäure (PFUnA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) im menschlichen Blutplasma liegen derzeit weder Referenzwerte (RV95) noch Grenzwerte noch Humanbiomonitoring-Werte vor.

Das Landesgesundheitsamt wurde vom Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg beauftragt, eine Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt zu konzipieren und in Kooperation mit dem Gesundheitsamt Rastatt durchzuführen. Das Studiendesign wurde vor Beginn der Untersuchung mit einem Expertengremium (siehe Anhang 6.1) abgestimmt und konsentiert.

## 1.2 Bewertungsgrundlagen - Referenzwerte, BAT-Werte und HBM-Werte

Zur Erleichterung der Einordnung der in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse werden hier die Begriffe Referenzwert, Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) und Humanbiomonitoring-Werte (HBM-I-Wert und HBM-II-Wert) noch einmal kurz erläutert.

### *Was sind Referenzwerte?*

Referenzwerte für chemische Stoffe im Blut sind Werte, die durch Auswertung einer größeren Stichprobe von entsprechenden Messwerten aus einer bestimmten Bevölkerungsgruppe mit Hilfe statistischer Kennwerte (meistens 95. Perzentile) ermittelt werden. Es handelt sich dabei um rein statistisch definierte Werte, die die Konzentration dieses Stoffes im Blut für 95 Prozent dieser Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung beschreiben. Höherliegende Werte treten bei etwa 5 Prozent der Bevölkerung auf. Insofern kommt Referenzwerten per se keine gesundheitliche Bedeutung zu (vgl. [1] Bundesgesundheitsbl 2009 (52), S. 878-885).

Die Referenzwerte stellen die Hintergrundbelastung der Allgemeinbevölkerung dar, die keiner beruflichen Schadstoffexposition ausgesetzt ist. Dabei werden die von offiziellen Gremien festgelegten Referenzwerte verwendet. Die Überschreitung eines Referenzwertes kann für sich genommen nicht als gesundheitliche Gefährdung angesehen werden.

Die Referenzwerte für PFOA und PFOS im Blutplasma von Erwachsenen wurden vom Umweltbundesamt im Jahr 2009 festgelegt und beruhen auf Daten aus dem Zeitraum 2003-2007. Die Referenzwerte liegen für PFOA bei 10 Mikrogramm/Liter Blutplasma und für PFOS bei 25 Mikrogramm/Liter Blutplasma (Männer) bzw. bei 20 Mikrogramm/Liter Blutplasma (Frauen). (Siehe: [1] Stellungnahme der Kommission Humanbiomonitoring des Umweltbundesamtes: Referenzwerte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Blutplasma. Bundesgesundheitsbl 2009 (52), S. 878-885).

### *Was ist ein BAT-Wert?*

„Der Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) ist ein Grenzwert für die Konzentration eines Arbeitsstoffes im biologischen Material (z. B. Blut oder Urin) von Beschäftigten. Es wird angenommen, dass bei Einhaltung des BAT-Wertes die Gesundheit von Beschäftigten im Allgemeinen auch bei wiederholter oder langfristiger Exposition nicht beeinträchtigt wird. BAT-Werte gelten für Einzelstoffe und nur für Personen, die gesund und im erwerbsfähigen Alter sind.“ (Siehe [2] und unter: Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe;

[http://www.dfg.de/dfg\\_profil/gremien/senat/arbeitsstoffe/index.html](http://www.dfg.de/dfg_profil/gremien/senat/arbeitsstoffe/index.html).)



Die BAT-Werte für PFOA und PFOS liegen bei 5000 Mikrogramm/Liter Blutplasma für PFOA und bei 15000 Mikrogramm/Liter Blutplasma für PFOS.

### *Was versteht man unter Humanbiomonitoring-Werten (HBM-I-Wert und HBM-II-Wert)?*

Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nach dem aktuellen Stand der Bewertung durch Experten der HBM-Kommission nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist.

Der HBM-I-Wert stellt einen lebenslangen Vorsorgewert dar. Er definiert jedoch keine Schwelle zur gesundheitlichen Gefährdung.

Die Kommission Human-Biomonitoring am Umweltbundesamt hat derzeit folgende HBM-I-Werte für PFOA und PFOS im Blutplasma festgelegt: 2 Mikrogramm/Liter Blutplasma (PFOA) bzw. 5 Mikrogramm/Liter Blutplasma (PFOS).

Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei deren Überschreitung nach Einschätzung durch Experten der HBM-Kommission eine für die Betroffenen als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist.

Für eine Festlegung von HBM II-Werten für PFOA und PFOS gab es bisher keine ausreichende Datenbasis. (siehe „HBM-I-Werte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in Blutplasma - Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl. 2016 (59) S. 1364); [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/hbm\\_i\\_values\\_for\\_pfoa\\_and\\_pfos.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/hbm_i_values_for_pfoa_and_pfos.pdf)

### *Was bedeutet eine Überschreitung von HBM-I-Werten bei PFOA und PFOS?*

Bei einer Überschreitung des HBM-I-Wertes ist noch keine unmittelbare Gesundheitsgefährdung anzunehmen. Bei PFOA wird eine Überschreitung des HBM-I-Wertes auch in Gruppen ohne zusätzliche PFC-Belastung bei vielen Personen beobachtet, da der HBM-I-Wert in der Größenordnung des Medians der Verteilung in nichtexponierten Bevölkerungsgruppen liegt. Durch die Festlegung der HBM-I-Werte für PFOA und PFOS ohne entsprechende HBM-II-Werte ist es schwierig, die gesundheitliche Relevanz von einzelnen PFOA-Werten im Blut einzuschätzen. Aus diesem Grund wurden für die Bewertung der einzelnen PFOA- und PFOS-Konzentrationen im Blut auch Grenzwerte (Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte) aus der Arbeitsmedizin herangezogen.

### *Was bedeutet eine Überschreitung von Referenzwerten bei PFOA und PFOS?*

Da es sich bei einem Referenzwert für einen chemischen Stoff in einem Körpermedium (z. B. im Blut oder Urin) im Allgemeinen um einen rein statistisch definierten Wert handelt

(s. oben), der die Konzentration dieses Stoffes im betreffenden Körpermedium für eine untersuchte Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung beschreibt, kommt diesem Wert per se keine gesundheitliche Bedeutung zu.

Das heißt, eine Überschreitung von Referenzwerten ist nicht notwendigerweise mit einer gesundheitlichen Gefährdung verbunden. In der zur Definition der Referenzwerte ( $R_{95}$ ) untersuchten (Normal-)Bevölkerung liegt die Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in den meisten Fällen bei etwa fünf Prozent.

## 2 Untersuchungsplan und Methodik

### 2.1 Ziele der Untersuchung 2018

Ein Hauptziel der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt ist die Erhebung und vergleichende Beschreibung von PFOA- und anderen PFC-Konzentrationen im Blut bei drei Personengruppen:

- (A) zufällig ausgewählte Personen aus Orten, die vor 2014 einer Exposition über Trinkwasser aus dem WVV Vorderes Murgtal ausgesetzt waren,
- (B) aus Orten mit Exposition über Belastungen im Boden und Grundwasser, ohne Exposition über Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung und
- (C) aus Orten ohne zusätzliche PFC-Belastung im Boden oder Trinkwasser.

Hauptzielgröße der Untersuchung ist die Konzentration von PFOA (Perfluoroktansäure) im Blutplasma.

Folgende Hauptfragestellungen sollten 2018 untersucht werden:

Wie hoch ist die interne PFC-Belastung in den drei Gruppen

a) im Mittel (Mediane) und b) welche Streuungen weisen die Werte in den drei Gruppen auf (Spannweite, Minimum, Maximum, 1. und 3. Quartil)?

Wie sehen die Histogramme der PFC-Werte in den drei Gruppen im Vergleich aus?

Kann bei der internen Schadstoffbelastung eine Abhängigkeit von der untersuchten Gruppe festgestellt werden?

## 2.2 Untersuchungsdesign

Die Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt wurde als wiederholte Querschnittsuntersuchung in drei Gruppen mit je circa 100 zufällig ausgewählten Personen konzipiert. Die erste Untersuchungsrunde fand im Jahr 2018 statt. Weitere Untersuchungen sind für 2020 und 2023 geplant, um dann die zeitliche Entwicklung der PFC-Konzentrationen im Blut der an der Untersuchung teilnehmenden Personen beschreiben und einschätzen zu können.

Die Studienpopulation in den drei Gruppen war 2018 wie folgt vorgesehen:

### Gruppe A:

circa 100 zufällig ausgewählte Personen aus Orten, die vor 2014 einer Exposition über Trinkwasser aus dem WVV Vorderes Murgtal ausgesetzt waren

### Gruppe B:

circa 100 zufällig ausgewählte Personen aus Orten mit Exposition über Belastungen im Boden und Grundwasser, ohne Exposition über Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung

### Gruppe C:

circa 100 zufällig ausgewählte Personen aus Orten ohne zusätzliche PFC-Belastung im Boden oder Trinkwasser.

Folgende Untersuchungsorte wurden unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen zur PFC-Belastung im Trinkwasser, Boden und Grundwasser im Landkreis Rastatt für die drei Gruppen ausgewählt:

### Gruppe A:

Kuppenheim und Gernsbach-Kernstadt

### Gruppe B:

Bühl-Weitenung und Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung, Sinzheim-Schiftung

### Gruppe C:

Bietigheim, Durmersheim, Ötigheim, Steinmauern, Au, Elchesheim-Illingen

Die Teilnahme an der Blutkontrolluntersuchung erfolgte freiwillig. Vom Gesundheitsamt Rastatt wurden die zufällig aus den jeweiligen Einwohnermelderegistern ausgewählten Personen zur Untersuchung eingeladen.

## 2.3 Studienpopulation und Ablauf der Untersuchung

Als Untersuchungskollektiv waren pro Gruppe ca. 100 Personen vorgesehen. Die Teilnahme an der Untersuchung erfolgte freiwillig.

Die Gemeinden für die Auswahl potentieller Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden nach geeigneten Kriterien bezüglich der Exposition für die Gruppen A, B und C (s. oben) ausgewählt. Von den ausgewählten Gemeinden wurde die Zustimmung zur Ziehung einer Zufallsstichprobe aus den Einwohnermeldeverzeichnissen eingeholt. Die ausgewählten Personen sollten seit mindestens zehn Jahren im entsprechenden Untersuchungsort wohnen. Das Alter der ausgewählten Personen sollte zwischen 30 und 60 Jahren liegen. Durch die Zufallsauswahl wurden repräsentative Stichproben angestrebt, damit die Untersuchungsergebnisse auf die jeweiligen Bevölkerungsgruppen übertragbar sind.

Die zufällige Auswahl aus der Bevölkerung in den für die Untersuchung festgelegten Orten wurde vom Zweckverband Kommunale Informationsverarbeitung Baden-Franken (KIVBF) vorgenommen. Die ausgewählten Adressen wurden von dort an das Gesundheitsamt Rastatt geschickt, das die Einladungen zur Untersuchungen mit den Fragebögen per Post versandte und bei Teilnahmebereitschaft die Termine zur Blutabnahme organisierte. Die Abnahme der Blutproben erfolgte durch Mitarbeiterinnen des Gesundheitsamts Rastatt. Die Proben wurden im Gesundheitsamt Rastatt aufbereitet (zentrifugiert) und bis zur Abholung zum Transport im Landesgesundheitsamt tiefgekühlt gelagert. Vom Landesgesundheitsamt erfolgte nach Aliquotierung für die Untersuchung und Rückstellproben der Transport zum Labor in Erlangen, wo die Analysen und die Bestimmung der Laborparameter durchgeführt wurden.

Die Fragebögen wurden von den an der Untersuchung teilnehmenden Personen im Gesundheitsamt Rastatt abgegeben und dort mit den entsprechenden ID-Codes versehen an das Landesgesundheitsamt geschickt. Im Landesgesundheitsamt erfolgte die elektronische Erfassung der Fragebogendaten.

## 2.4 Zielgrößen der Untersuchung

Die Untersuchung umfasste Laboranalysen zu PFC-Konzentrationen im Blutplasma und die Erhebung von Angaben zum Trinkwasserkonsum, zum Verzehr von Lebensmitteln, zur Trinkwasserquelle (Hausbrunnen o.a.) und anderen Angaben mit Hilfe eines von den an der Untersuchung teilnehmenden Personen selbst auszufüllenden Fragebogens. Von Mitarbeiterinnen des Gesundheitsamts Rastatt wurde am Untersuchungstag der Wohnort protokolliert, der für die Zuordnung zu den drei Untersuchungsgruppen entscheidend war.

Folgende zwölf Parameter wurden im Blutplasma bestimmt: Perfluoroktansäure (PFOA) als Primärvariable sowie als weitere Laborparameter (Sekundärvariablen): Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluornonansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluorundekansäure (PFUnA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS).

Die Tabelle 1 in Abschnitt 2.5 gibt die Bestimmungsgrenzen und Präzisionsangaben zu einzelnen Laborparametern wieder. Für die statistischen Auswertungen wurden die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen (<LOQ: *limit of quantification*) jeweils auf den Wert der halben Bestimmungsgrenze gesetzt.

Als Haupteinflussgrößen wurden die per Fragebogen und Wohnortprotokoll erhobenen Angaben zur Gruppe (über die Wohnortangabe) und zum häuslichen Trinkwasserkonsum betrachtet und untersucht.

## 2.5 Labormethoden

Die Analysen der Blutproben erfolgten im Labor des Institutes für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Blutplasma bestimmt wurden die Konzentrationen von PFOA, PFOS, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFBS, PFHxS, PFHpS.

Die Bestimmung der PFC in Blutplasma erfolgte in Anlehnung an ein bereits publiziertes Analysenverfahren ([4] Gledhill et al. 2006) auf Basis der Kopplung von Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Tandem-Massenspektrometrie. Dabei wurden 500 µL Blutplasma mit einer Lösung, die Isotopen-markierte PFC als interne Standardverbindungen enthält, dotiert und anschließend die Plasmaproteine durch Zugabe von 50%iger Ameisensäure gefällt. Danach wurden die PFC auf einer vorkonditionierten Oasis WAX-Säule extrahiert. Nach Elution mittels methanolischer Ammoniak-Lösung erfolgten eine Volumenkonzentration im Stickstoffstrom und eine Aufnahme der Konzentrate im Laufmittel des LC-MS/MS-Verfahrens (20mM Ammoniumacetat-Lösung/Methanol 25/75 v/v). Die analytische Bestimmung erfolgte nach Trennung auf einer Phenomenex Kinetex C18-Säule (2,6 µm Partikel, 150 mm x 4 mm) im API 2000 Triple Quadrupol-Detektor nach Elektrospray-Ionisation im negativen MRM-Modus.

Das Verfahren wurde für die untersuchten Parameter umfassend validiert. Die Angaben zu den diesbezüglichen Bestimmungsgrenzen und Präzisionsdaten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Liste der in der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt vom Labor bestimmten Parameter mit den jeweiligen Bestimmungsgrenzen (LOQ: limit of quantification) und Präzisionsangaben

Laborparameter	Bestimmungsgrenze Limit of quantification (LOQ)	Präzision (%) von Tag zu Tag
<b>Primärvariable:</b>		
Perfluoroktansäure (PFOA)	0,1 Mikrogramm/Liter	8,4
<b>Sekundärvariablen:</b>		
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0,1 Mikrogramm/Liter	5,3
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,4 Mikrogramm/Liter	12,2
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,4 Mikrogramm/Liter	8,7
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,1 Mikrogramm/Liter	6,1
Perfluornonansäure (PFNA)	0,1 Mikrogramm/Liter	8,8
Perfluordekansäure (PFDA)	0,1 Mikrogramm/Liter	8,0
Perfluorundekansäure (PFUnA)	0,1 Mikrogramm/Liter	10,1
Perfluordodekansäure (PFDoA)	0,1 Mikrogramm/Liter	11,2
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	0,1 Mikrogramm/Liter	k.A.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,1 Mikrogramm/Liter	7,5
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	0,1 Mikrogramm/Liter	7,3

Die Qualitätssicherung erfolgte für alle Parameter durch die Mitführung von Qualitätskontrollproben in jeder Analysenserie und Bewertung der Ergebnisse anhand von Qualitätskontrollkarten sowie für die Parameter PFOS und PFOA durch die erfolgreiche Teilnahme am German External Quality Assessment Scheme G-EQUAS ([5] Göen et al. 2012).

## 2.6 Statistische Methoden

Ziele der statistischen Auswertung waren die Deskription der Verteilungen der PFC-Werte in den drei Gruppen sowie die Beantwortung der in Abschnitt 2.1 aufgeführten Fragestellungen, soweit dies anhand der Daten möglich war.

Die Verteilungen der Zielgrößen (PFC-Werte) wurden für jede der drei Gruppen getrennt in Histogrammen dargestellt und zusätzlich anhand folgender Parameter charakterisiert: Minima, Maxima, Quartile (einschließlich der Mediane = 2. Quartile).

Der geplante Stichprobenumfang sollte gewährleisten, dass die Lage und Streuung der Verteilungen der PFOA-Werte in den drei Gruppen anhand von Medianen und anderen Quartilen (1. und 3. Quartil) mit einer der Hauptfragestellung zu Gruppenunterschieden entsprechenden Genauigkeit schätzbar sind.

Auf der Basis vorliegender Hypothesen aus früheren Laboruntersuchungen wurden Unterschiede zwischen den exponierten Gruppen (A,B) und der Kontrollgruppe (C) in Bezug auf die PFOA- und PFOS-Werte mit entsprechenden statistischen Tests (WILCOXON-MANN-WHITNEY-U-Test) geprüft, d.h. Gruppe A vs. Gruppe C und Gruppe B vs. Gruppe C.

Darüber hinaus wurden im Sinne eines explorativen Vorgehens noch zweiseitige Gruppenvergleiche (Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C) bei den anderen Laborparametern durchgeführt, wobei die Aussagekraft dieser Auswertungen von vornherein als begrenzt anzusehen ist.

Bei den PFOA-Werten wurden geschichtete Analysen in Abhängigkeit von der Gruppe und der Menge des Trinkwasserkonsums durchgeführt. Bei weiteren Einflussfaktoren wie Gemüsekonsum, Obstverzehr, Fisch- und Wildverzehr war die Streuung der Antworten relativ gering und die Besetzungen der oberen und unteren Antwortkategorien zu klein für belastbare geschichtete Auswertungen getrennt nach den drei Gruppen.

### 3 Ergebnisse

Das Landesgesundheitsamt hat die Laborergebnisse entsprechend den Untersuchungsfragen und dem Analyseplan primär in Abhängigkeit von der untersuchten Gruppe analysiert und die im Folgenden dargestellten Ergebnisse gefunden.

Darüber hinaus wurde eine geschichtete Analyse nach der häuslichen Trinkwassermenge getrennt für die drei Gruppen A, B und C durchgeführt. Auch eine geschichtete Analyse nach Geschlecht war möglich. Für weitere geschichtete Analysen lagen die Besetzungszahlen in den primär interessanten Antwortkategorien (d.h. in den niedrigsten und höchsten Antwortausprägungen) im einstelligen oder unteren zweistelligen Bereich, so dass die Schätzungen der Mediane in den einzelnen Antwortkategorien mit relativ großen Zufallschwankungen (Unsicherheiten) behaftet waren. Dies betraf in stärkerem Maße auch die Schätzungen der Parameter für die Streuungen (Minima, Maxima, Spannweiten, 1. und 3. Quartile). Aus diesem Grund wurde wegen fehlender Aussagekraft auf weitergehende geschichtete Analysen verzichtet.

#### 3.1 Beschreibung der untersuchten Gruppen nach Alter und Geschlecht

An der Blutkontrolluntersuchung haben insgesamt 348 Personen teilgenommen. Davon waren 120 Personen in der Gruppe A mit Wohnorten in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, 137 Personen in der Gruppe B (Wohnorte in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung, Sinzheim-Schiftung) und 91 Personen in der Gruppe C (Wohnorte in Bietigheim, Durmersheim, Ötigheim, Steinmauern, Au, Elchesheim-Illingen). Die Tabellen 2 bis 4 geben einen Überblick über die Anzahl der untersuchten Personen in den drei Untersuchungsgruppen und deren Verteilung nach Geschlecht und Alter.

Um mögliche Verzerrungen der Ergebnisse in den Gruppen B und C durch eine eventuelle Exposition über das Trinkwasser am Arbeitsort zu vermeiden, wurde eine Auswertung mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus den Gruppen B und C (siehe Spalte  $N_1$ ) und eine Auswertung unter Ausschluss eventuell über das Trinkwasser am Arbeitsort exponierter Personen (siehe Spalte  $N_2$ ) durchgeführt.



Tabelle 2: Anzahl der Personen, die an der Untersuchung 2018 teilgenommen haben, in den Gruppen A, B und C

	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> (nach Ausschluss wegen Arbeitsort)
Gruppe A	120	120
Gruppe B	137	98
Gruppe C	91	83
insgesamt	348	301

Tabelle 3: Geschlechtsverteilung der Personen, die an der Untersuchung teilgenommen haben, in den Gruppen A, B und C

Geschlecht	männlich (%)	weiblich (%)
Gruppe A	52 (43)	68 (57)
Gruppe B	54 (39)	83 (61)
Gruppe C	32 (36)	58 (64)
(1 fehlende Angabe zum Geschlecht)		
insgesamt	138 (40)	209 (60)

Tabelle 4: Verteilung der untersuchten Personen nach Alter in den Gruppen A, B und C

Alter	Gruppe A n (%)	Gruppe B n (%)	Gruppe C n (%)
30-40 Jahre	14 (12)	18 (13)	10 (11)
41-50 Jahre	35 (29)	39 (29)	27 (30)
51-60 Jahre	71 (59)	80 (58)	54 (59)
insgesamt	120	137	91

### 3.2 Auswertung der PFC-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Die Auswertungen und Ergebnisdarstellungen zu den PFC-Konzentrationen im Blut beziehen sich primär auf die folgenden drei Hauptfragen aus dem Untersuchungsplan:

Wie hoch ist die interne PFC-Belastung in den drei Gruppen?

a) im Mittel (Mediane) und b) welche Streuungen weisen die Werte in den drei Gruppen auf (Streubreite, Minimum, Maximum, 1. und 3. Quartil)?

Wie sehen die Histogramme der PFC-Konzentrationen in den drei Gruppen im Vergleich aus?

Kann bei der internen Schadstoffbelastung eine Abhängigkeit von der Gruppe festgestellt werden?

In den grafischen Darstellungen auf den folgenden Seiten werden einige statistische Fachbegriffe verwendet, die hier zum besseren Verständnis kurz charakterisiert werden:

Minimum: kleinster in der jeweiligen Gruppe beobachteter Wert.

1. Quartil: unterhalb dieses Wertes liegen 25 Prozent der beobachteten Werte.

Median (2. Quartil): unterhalb dieses Wertes liegen 50 Prozent der beobachteten Werte.

3. Quartil: unterhalb dieses Wertes liegen 75 Prozent der beobachteten Werte.

Maximum: höchster in der jeweiligen Gruppe beobachteter Wert.

Zur Vermeidung möglicher Verzerrungen der Ergebnisse in den Gruppen B und C durch eine eventuelle Exposition über das Trinkwasser am Arbeitsort wurden in Abstimmung mit dem Expertenkreis insbesondere zu PFOA jeweils zwei Auswertungen durchgeführt – eine Auswertung mit allen untersuchten Personen aus den Gruppen B und C und eine Auswertung unter Ausschluss eventuell über das Trinkwasser am Arbeitsort exponierter Personen (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 3.1). Die Ergebnisse beider Auswertungen unterschieden sich jedoch nur geringfügig, so dass bei der Darstellung der Histogramme – bis auf PFOA – auf die zweite Auswertungsversion verzichtet wurde.

Da in dieser Untersuchung alle PFHxA-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,4 Mikrogramm/Liter) lagen, wird bei diesem Laborparameter auf eine graphische Darstellung und Tabellierung von Verteilungsparametern wie Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen nach Gruppen verzichtet.

### 3.2.1 Beschreibung der PFC-Konzentrationen in den Gruppen A, B und C

Dieser Abschnitt enthält die Ergebnisse der Auswertungen zu Verteilungsparametern der PFC-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C. In den folgenden Darstellungen werden diese Verteilungen charakterisiert durch Lageparameter (Mediane bzw. zweite Quartile) und Informationen zur Streuung der Einzelwerte (Minima, Maxima, erste und dritte Quartile).

#### Perfluorooctansäure (PFOA)

Die Verteilungen der PFOA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 1 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle Belastungen über Trinkwasser (z. B. am Arbeitsort, durch Nutzung eigener Brunnen in Gruppe B) ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können. In der Gruppe A gab es bei dieser zweiten Auswertung logischerweise keine Ausschlüsse, deshalb wurden in dieser Gruppe in beiden Auswertungen alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Untersuchung einbezogen.

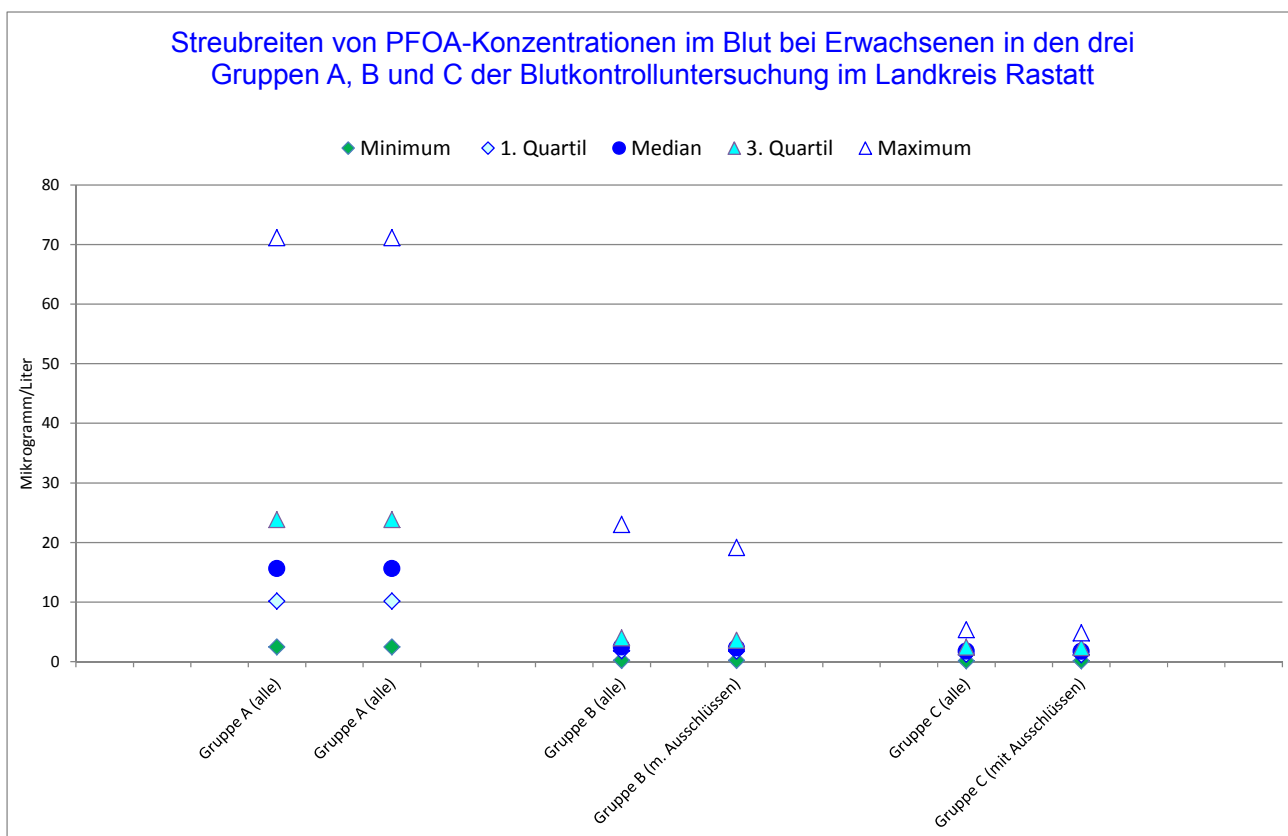


Abbildung 1: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 5: Minima, Maxima, Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	2,5	10,2	15,6	23,8	71,2
Gruppe B (alle)	0,2	1,8	2,5	4,0	23,0
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,2	1,7	2,3	3,6	19,2
Gruppe C (alle)	0,1	1,2	1,7	2,4	5,4
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,1	1,2	1,7	2,3	4,8

### Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

Die Verteilungen der PFOS-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 2 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

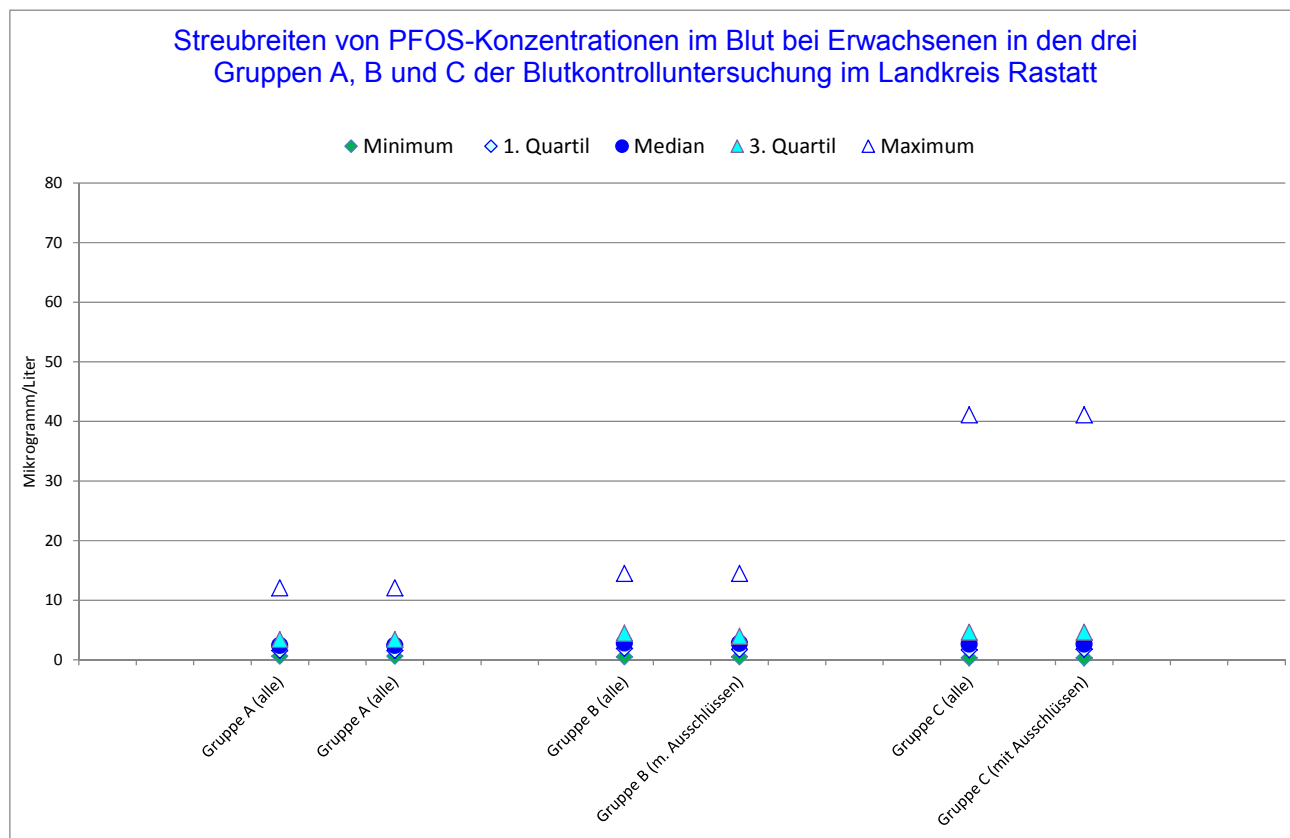


Abbildung 2: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFOS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Ilmlingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 6: Minima, Maxima, Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFOS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,6	1,5	2,4	3,4	12,1
Gruppe B (alle)	0,5	1,9	2,8	4,5	14,5
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,5	1,7	2,7	3,9	14,5
Gruppe C (alle)	0,3	1,6	2,6	4,6	41,1
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,3	1,8	2,6	4,6	41,1

## Perfluorpentansäure (PFPeA)

Die Verteilungen der PFPeA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 3 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

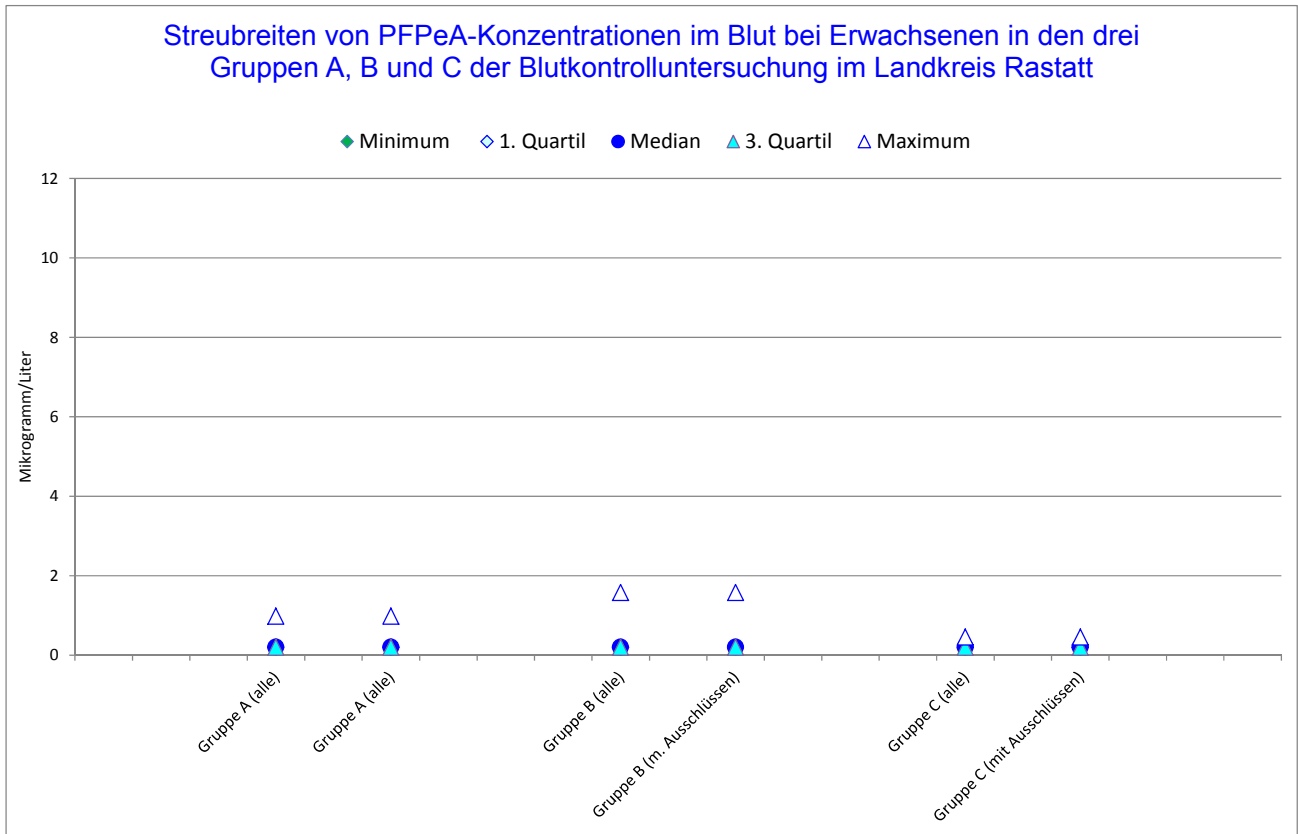


Abbildung 3: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 7: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFPeA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0
Gruppe B (alle)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,6
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,6
Gruppe C (alle)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5

## Perfluorhexansäure (PFHxA)

In dieser Untersuchung lagen alle PFHxA-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,4 Mikrogramm/Liter).

## Perfluorheptansäure (PFHpA)

Die Verteilungen der PFHpA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 4 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

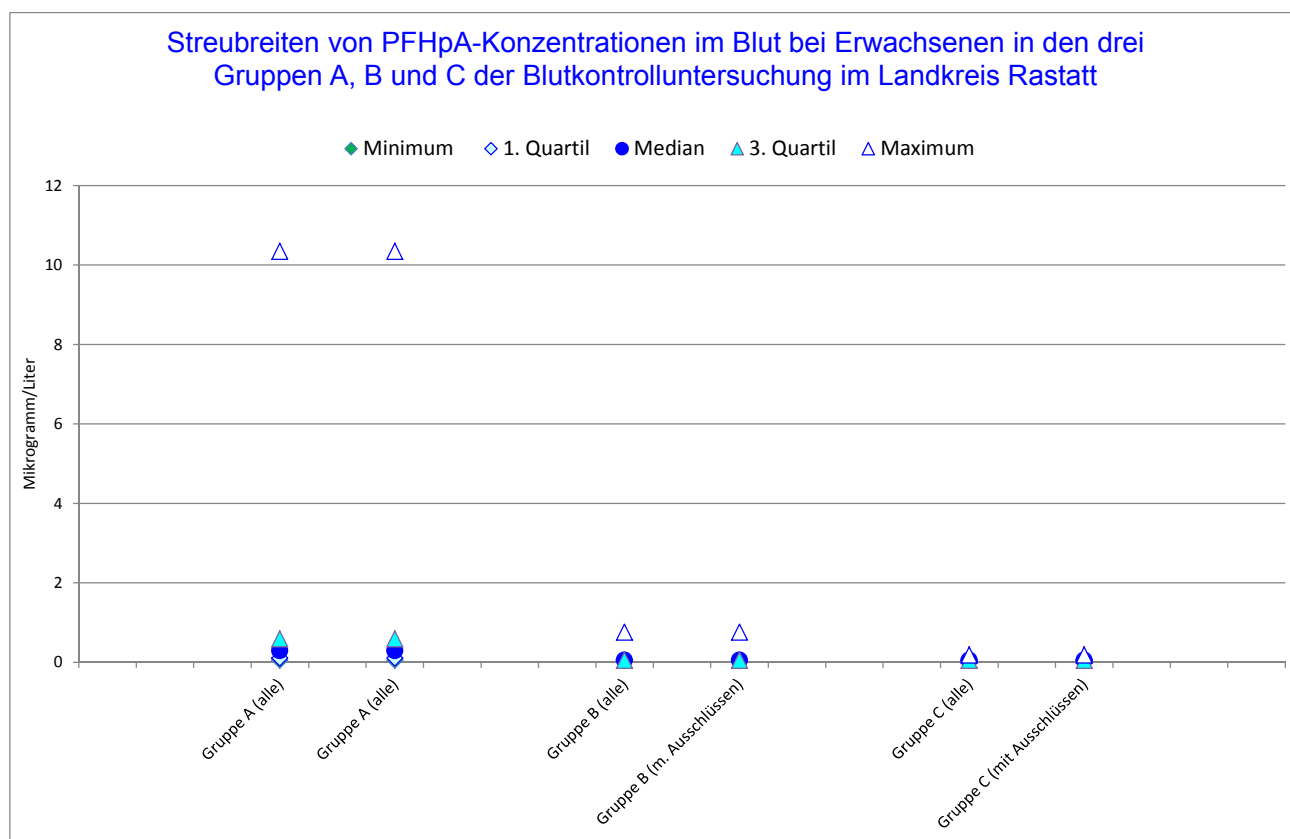


Abbildung 4: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 8: Minima, Maxima, Quartile [µg/l] der PFHpA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,05	0,1	0,3	0,6	10,3
Gruppe B (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8
Gruppe C (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2

## Perfluorononansäure (PFNA)

Die Verteilungen der PFNA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 5 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

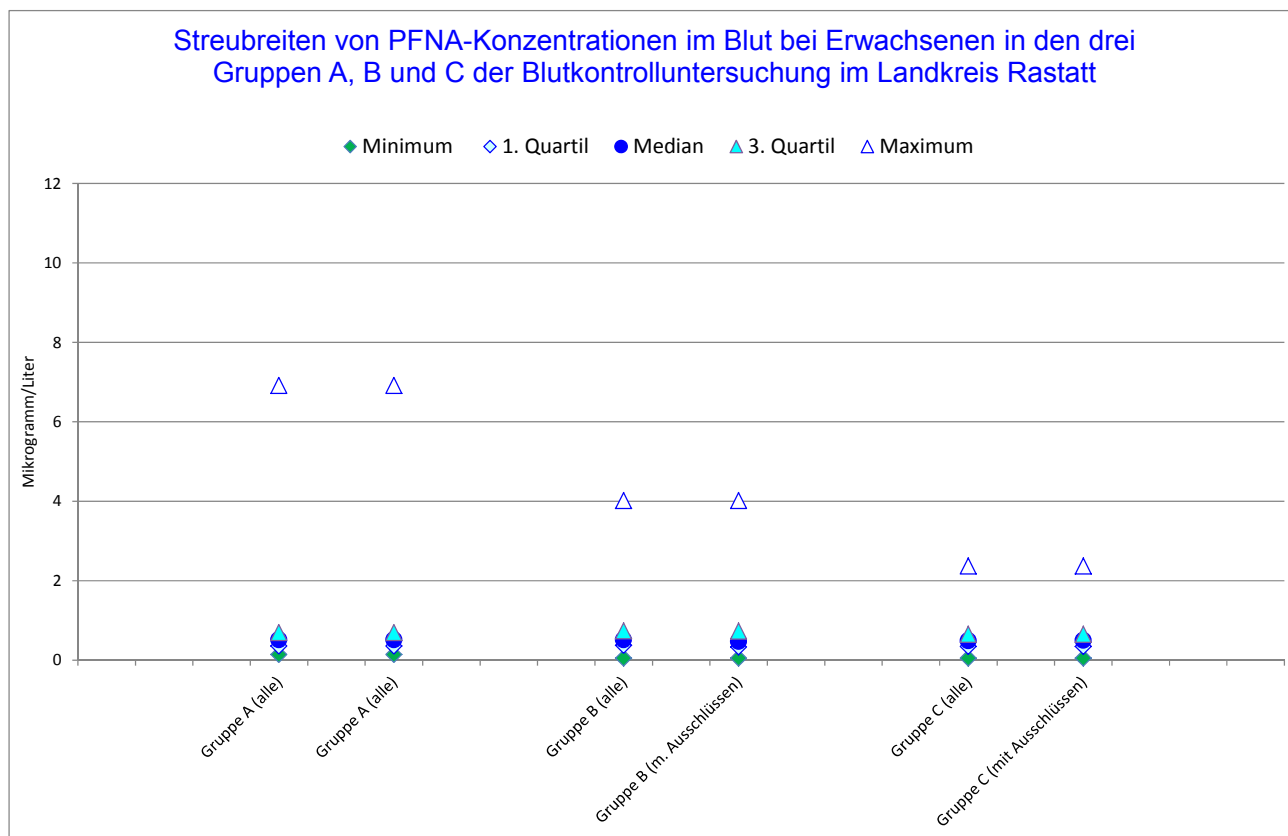


Abbildung 5: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 9: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFNA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,1	0,4	0,5	0,7	6,9
Gruppe B (alle)	0,05	0,4	0,5	0,7	4,0
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,3	0,5	0,7	4,0
Gruppe C (alle)	0,05	0,3	0,5	0,6	2,4
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,3	0,5	0,6	2,4

## Perfluordekansäure (PFDA)

Die Verteilungen der PFDA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 6 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

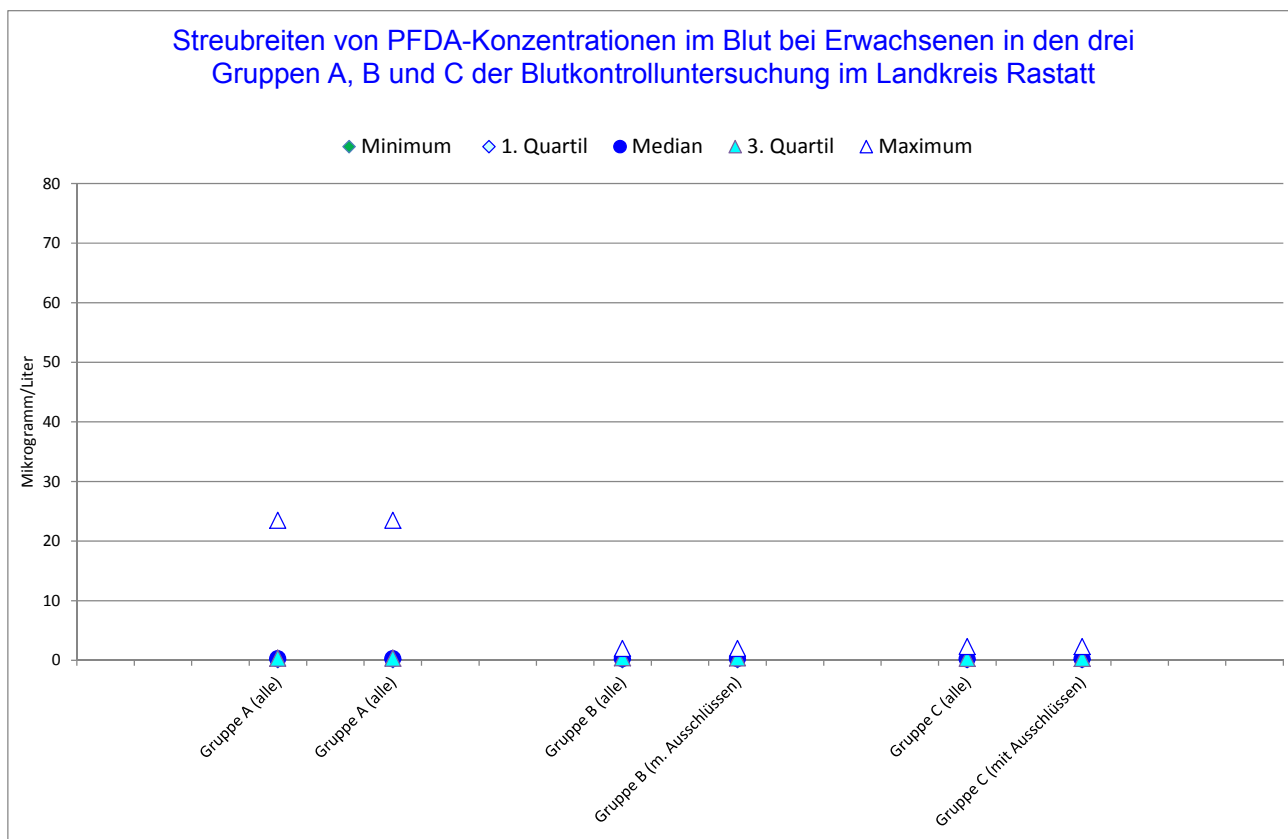


Abbildung 6: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 10: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFDA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,05	0,1	0,2	0,3	23,5
Gruppe B (alle)	0,05	0,2	0,2	0,4	2,0
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,2	0,2	0,4	2,0
Gruppe C (alle)	0,05	0,1	0,2	0,3	2,3
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,1	0,2	0,3	2,3



## Perfluorundekansäure (PFUnA)

Die Verteilungen der PFUnA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 7 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

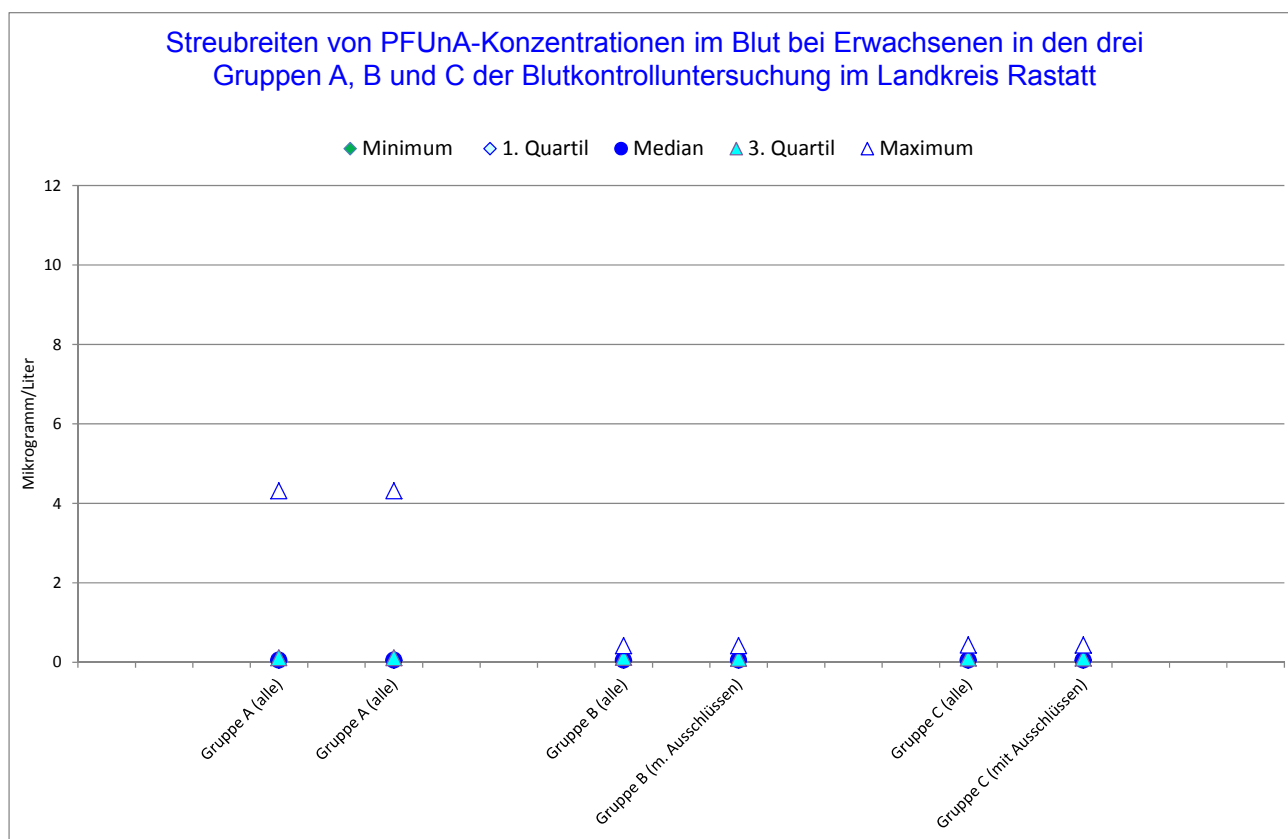


Abbildung 7: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 11: Minima, Maxima und Quartile [µg/l] der PFUnA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,05	0,05	0,05	0,1	4,3
Gruppe B (alle)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4
Gruppe C (alle)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4

## Perfluordodekansäure (PFDoA)

Die Verteilungen der PFDoA-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 8 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

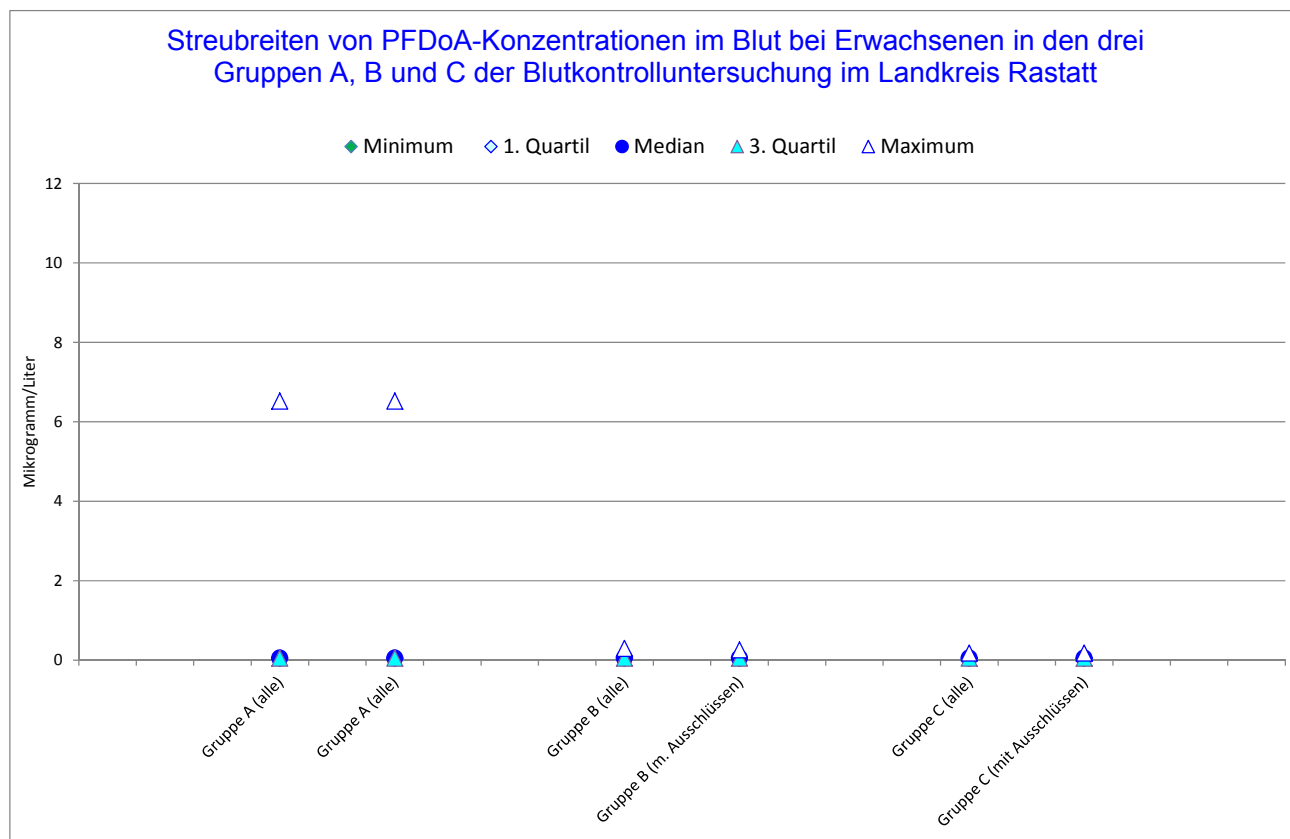


Abbildung 8: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 12: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFDoA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	6,5
Gruppe B (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3
Gruppe C (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2

## Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)

Die Verteilungen der PFHxS-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 9 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

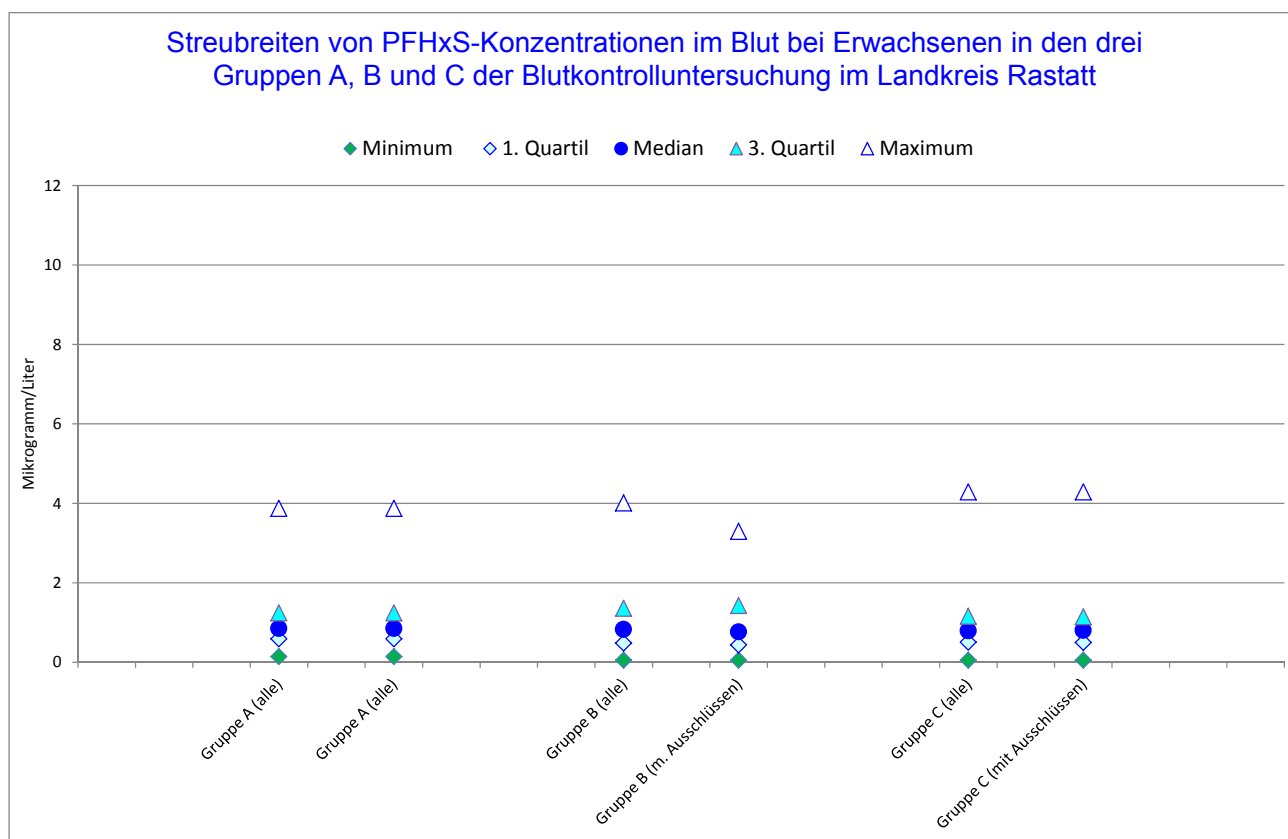


Abbildung 9: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 13: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFHxS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,1	0,6	0,8	1,2	3,9
Gruppe B (alle)	0,05	0,5	0,8	1,4	4,0
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,4	0,8	1,4	3,3
Gruppe C (alle)	0,05	0,5	0,8	1,2	4,3
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,5	0,8	1,1	4,3

## Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)

Die Verteilungen der PFHpS-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 10 dargestellt, wobei jeweils zwei Auswertungen durchgeführt wurden, um bei den untersuchten Personen in den Gruppen B und C eventuelle PFC-Belastungen über Trinkwasser am Arbeitsort ausschließen und gegebenenfalls einschätzen zu können.

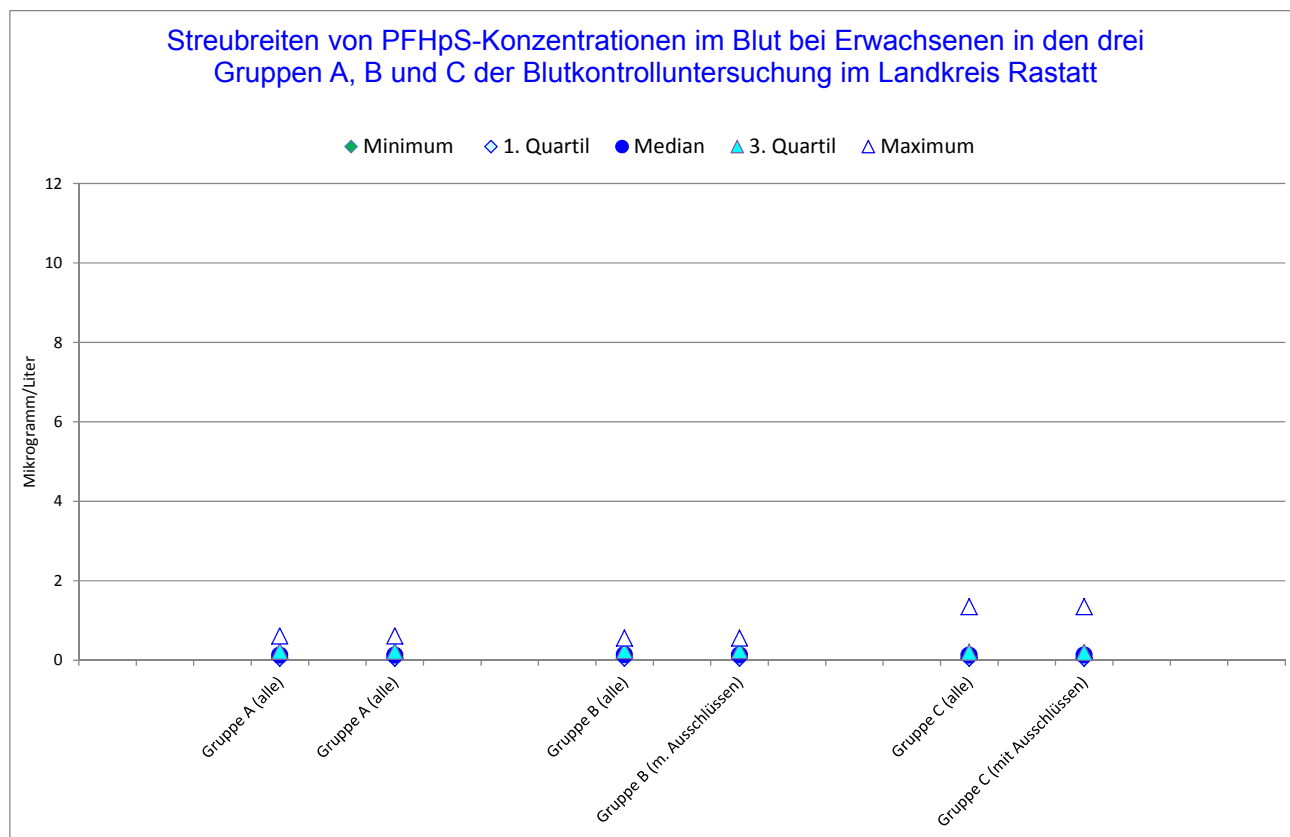


Abbildung 10: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Tabelle 14: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFHpS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
Gruppe B (alle)	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
Gruppe C (alle)	0,05	0,05	0,1	0,2	1,3
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,05	0,1	0,2	1,3

## Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)

Bis auf drei Werte (0,12; 0,17; 0,28 Mikrogramm/Liter) lagen in dieser Untersuchung alle PFBS-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,1 Mikrogramm/Liter). Aus diesem Grund wird auf eine graphische Darstellung von Verteilungsparametern wie Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen nach Gruppen verzichtet.

Tabelle 15: Minima, Maxima und Quartile [ $\mu\text{g/l}$ ] der PFBS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3
Gruppe B (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Gruppe B (m. Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Gruppe C (alle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gruppe C (mit Ausschl.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Nur die PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zeigten eine erkennbare Abhängigkeit von der Untersuchungsgruppe mit dem höchsten Medianwert in Gruppe A und dem niedrigsten Median in Gruppe C. Bei allen anderen untersuchten PFC-Parametern unterschieden sich die Mediane zwischen den Gruppen kaum oder gar nicht.

### 3.2.2 Vergleich der Histogramme der PFC-Konzentrationen in den drei Gruppen

Zur näheren Betrachtung der Verteilungen werden in diesem Abschnitt die Histogramme der einzelnen Untersuchungsparameter getrennt nach den drei Untersuchungsgruppen A, B und C dargestellt.

Ein Histogramm ist eine graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung von Beobachtungswerten einer gemessenen Variablen. Die x-Achse (Abszisse) zeigt dabei den Wertebereich der Variablen, unterteilt in Intervalle. Auf der y-Achse (Ordinate) sind die relativen Häufigkeiten der Beobachtungswerte in den einzelnen Intervallen bezogen auf den jeweiligen Gesamtstichprobenumfang – meist in Prozent – ablesbar und in Form von Balken in entsprechender Höhe über den Intervallen dargestellt. Da die Werte bei einer gemessenen Variablen kontinuierlich verteilt sind, werden im Histogramm die Balken über den jeweiligen Intervallen ohne Zwischenabstand dargestellt (siehe zum Beispiel in Abbildung 11 a).

Um die bessere Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen A, B und C sowie zwischen den PFC-Werten zu ermöglichen, wurden bei der Darstellung der Histogramme einheitliche Skalen bei den Abszissen (x-Achsen) und bei gleichem Laborparameter auch einheitliche Ordinaten (y-Achsen) verwendet.

Perfluorooctansäure (PFOA)

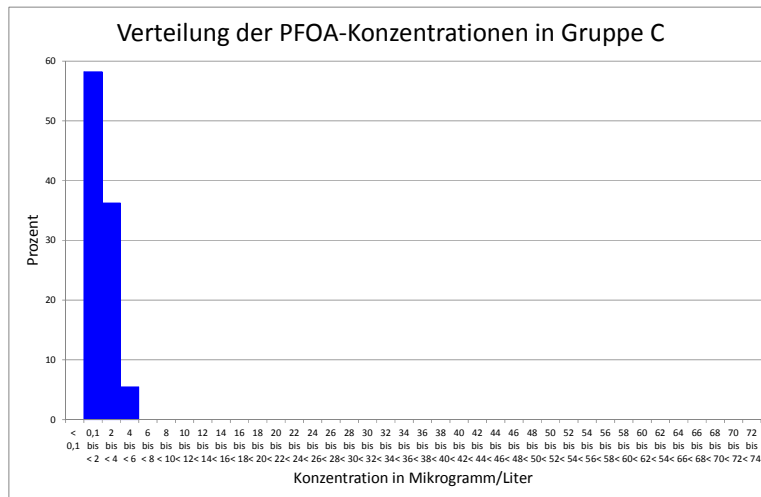
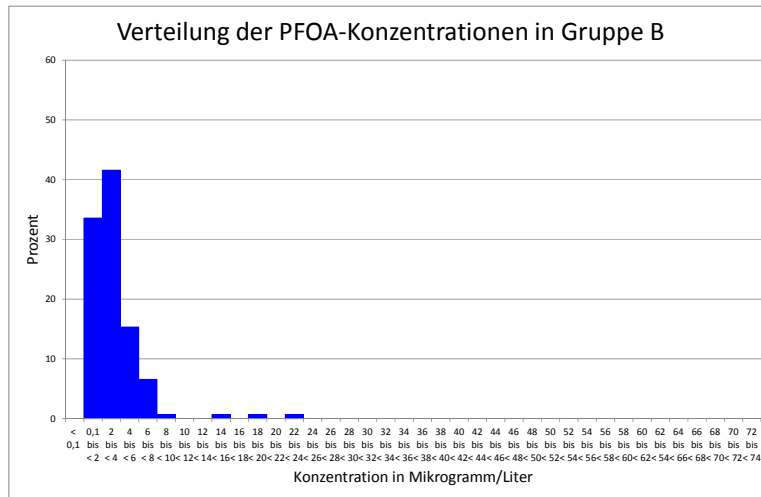
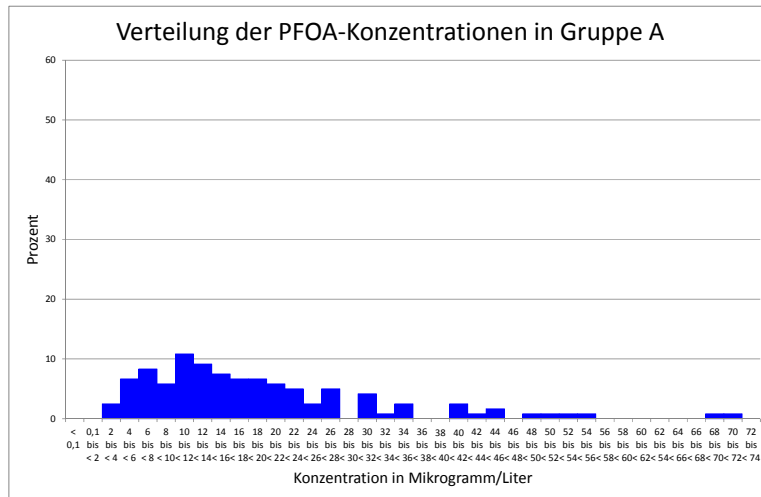


Abbildung 11a, 11b und 11c: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (11a – Gruppe A, 11b – Gruppe B, 11c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluorooctansäure (PFOA) - Histogramme unter Ausschluss eventuell durch Trinkwasser am Arbeitsort exponierter Personen aus Gruppe B und Gruppe C

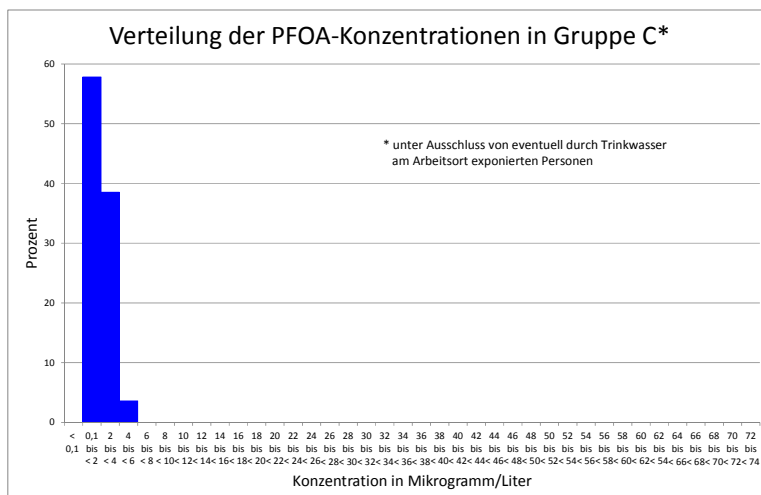
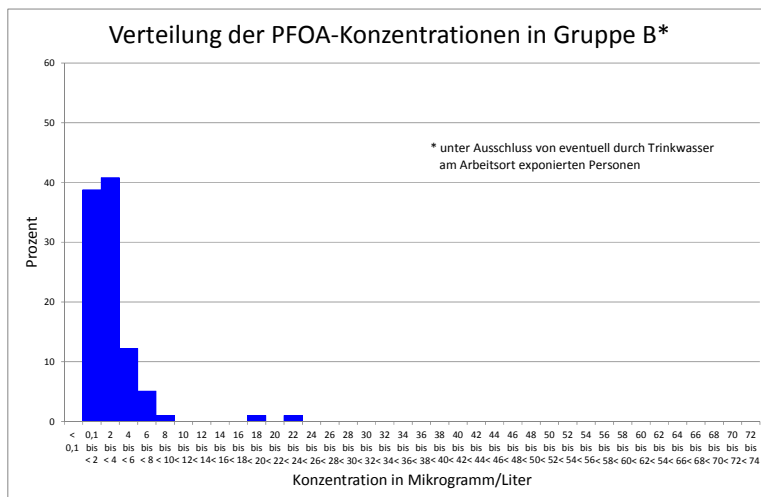
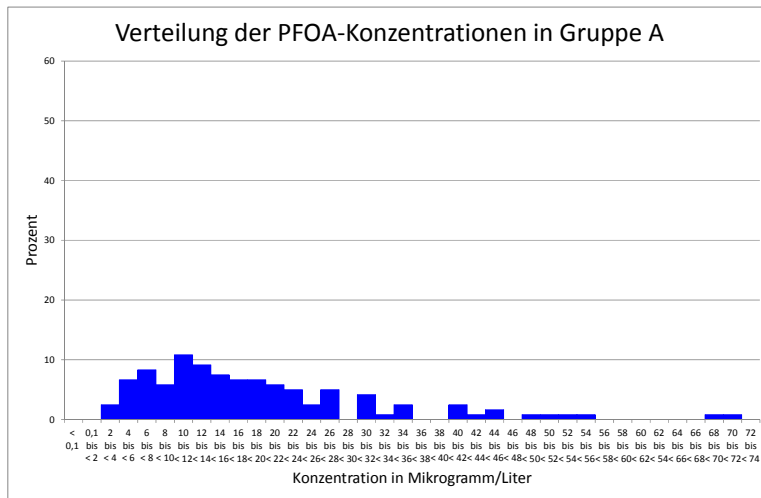


Abbildung 11d, 11e und 11f: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (11d – Gruppe A, 11e – Gruppe B unter Ausschluss eventuell durch Trinkwasser am Arbeitsplatz oder aus eigenem Brunnen exponierter Personen, 11f – Gruppe C unter Ausschluss eventuell durch Trinkwasser am Arbeitsplatz exponierter Personen), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)



Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

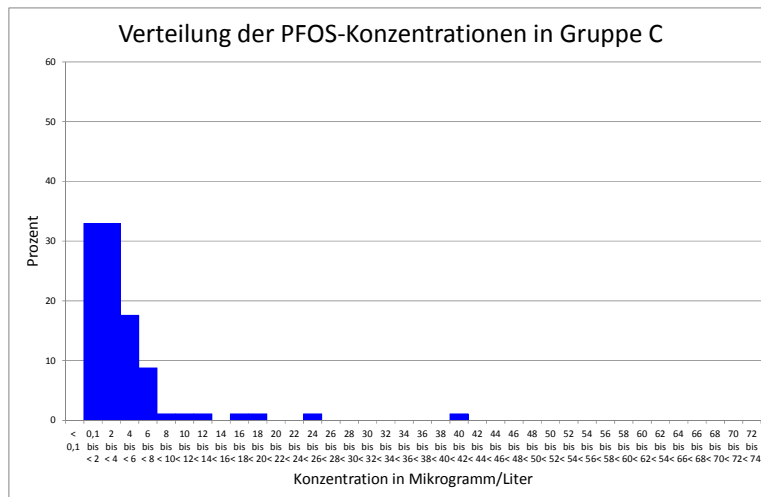
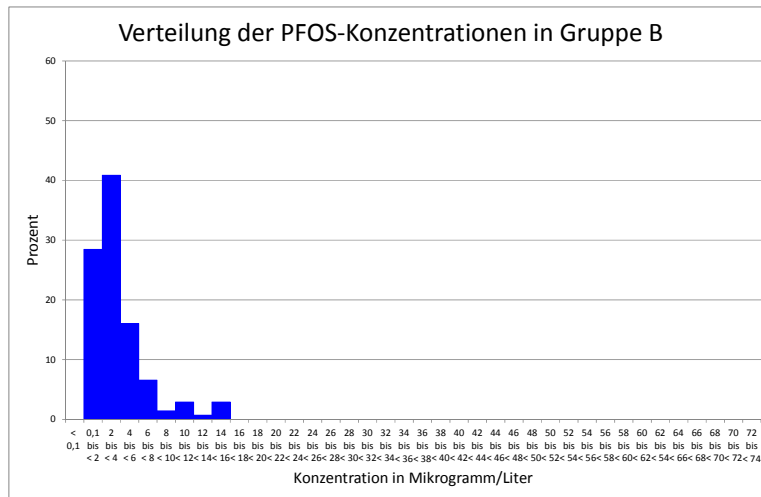
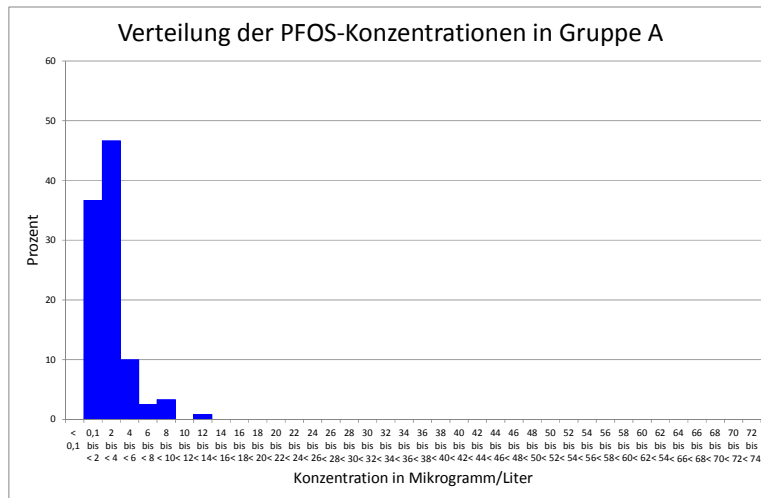


Abbildung 12a, 12b und 12c: Darstellung der Verteilungen der PFOS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (12a – Gruppe A, 12b – Gruppe B, 12c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluorpentansäure (PFPeA)

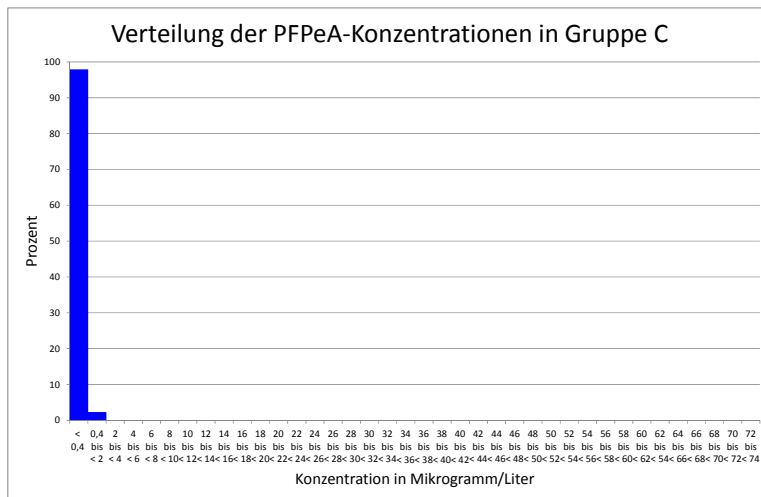
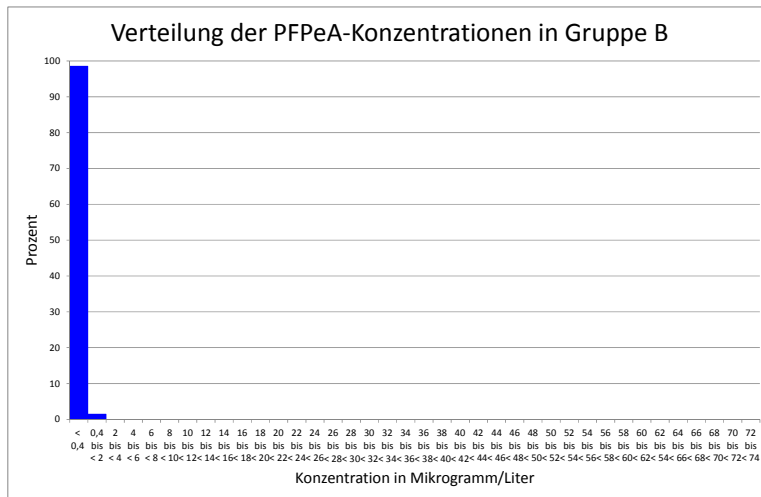
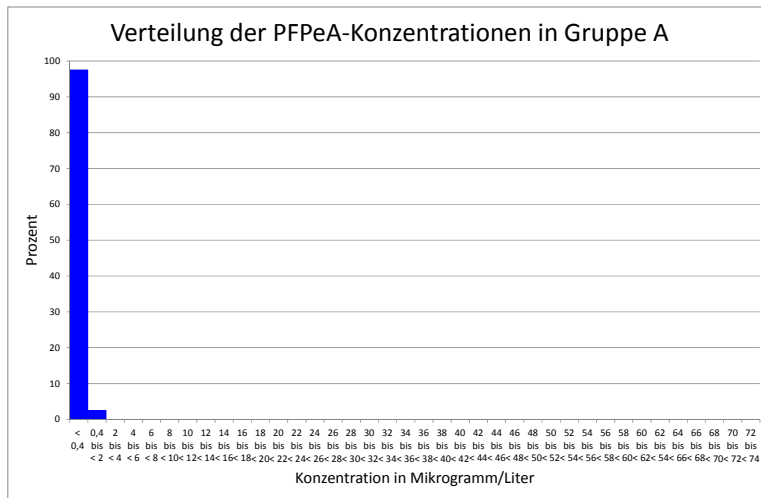


Abbildung 13a, 13b und 13c: Darstellung der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (13a – Gruppe A, 13b – Gruppe B, 13c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluorhexansäure (PFHxA)

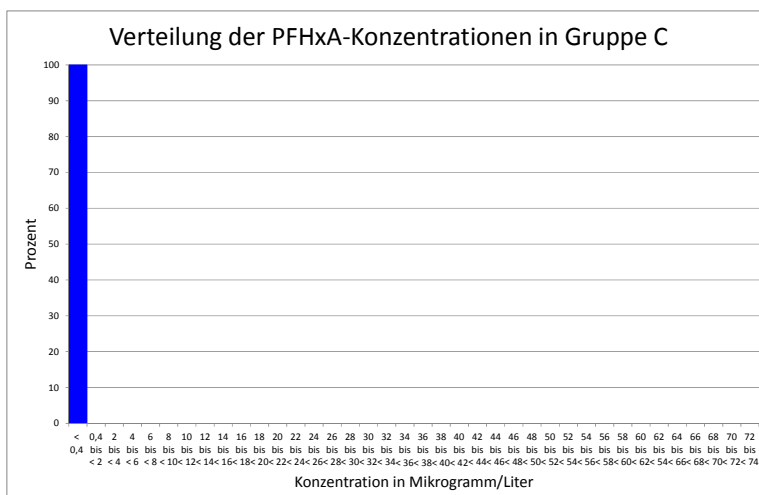
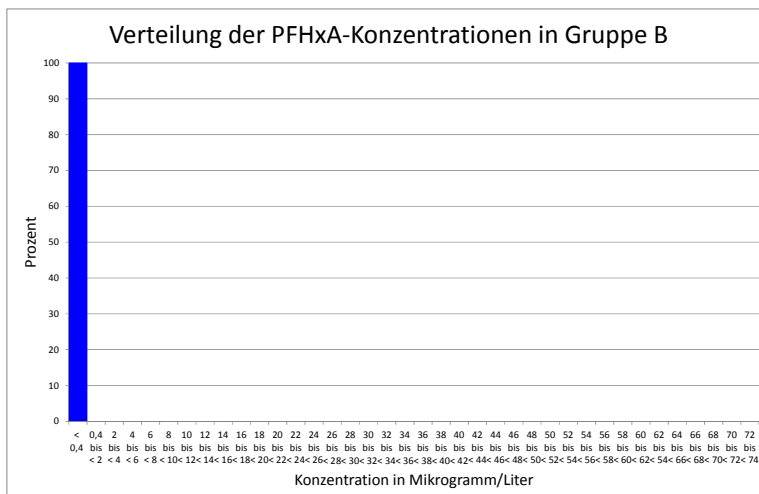
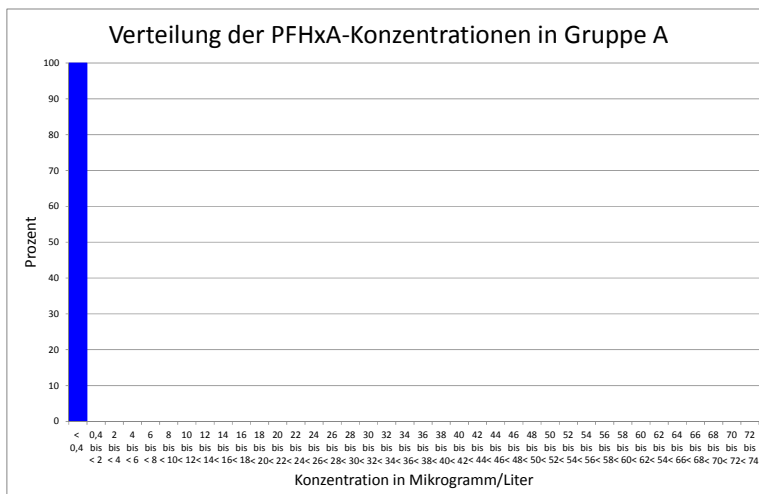


Abbildung 14a, 14b und 14c: Darstellung der Verteilungen der PFHxA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (14a – Gruppe A, 14b – Gruppe B, 14c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)



Perfluorononansäure (PFNA)

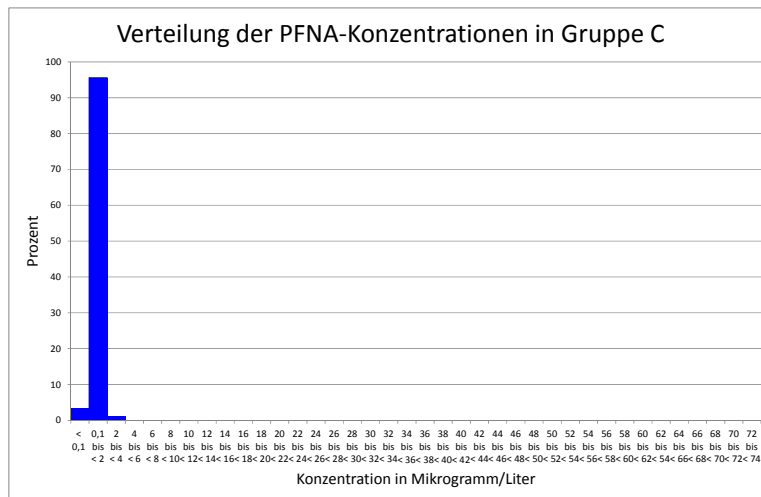
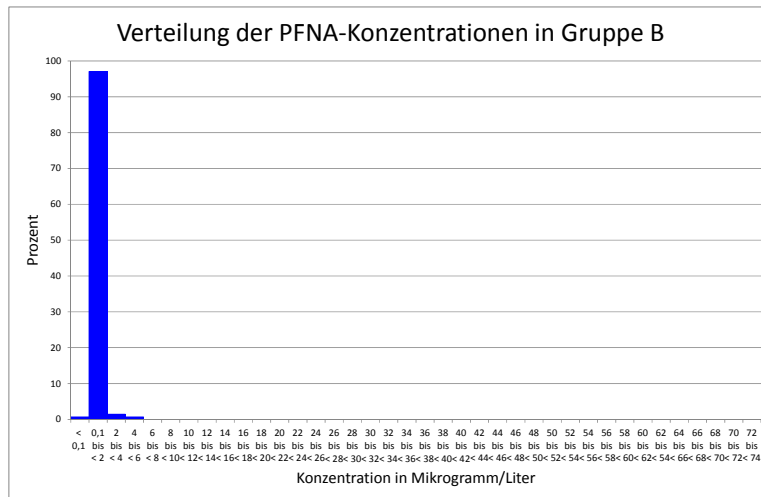
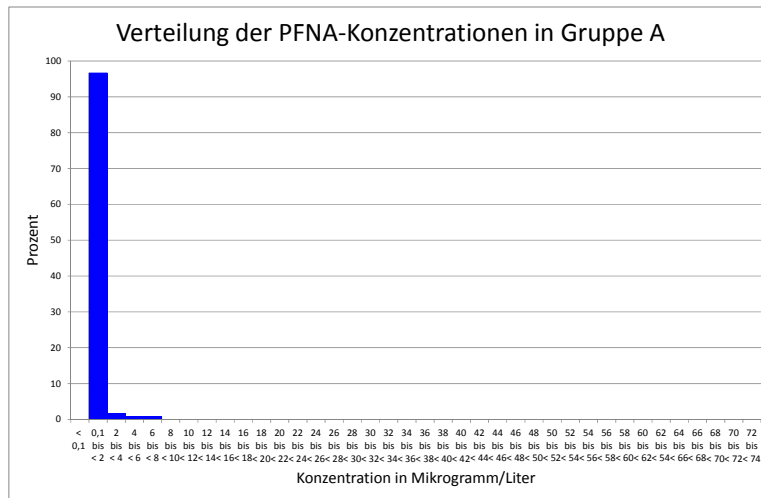


Abbildung 16a, 16b und 16c: Darstellung der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (16a – Gruppe A, 16b – Gruppe B, 16c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluordekansäure (PFDA)

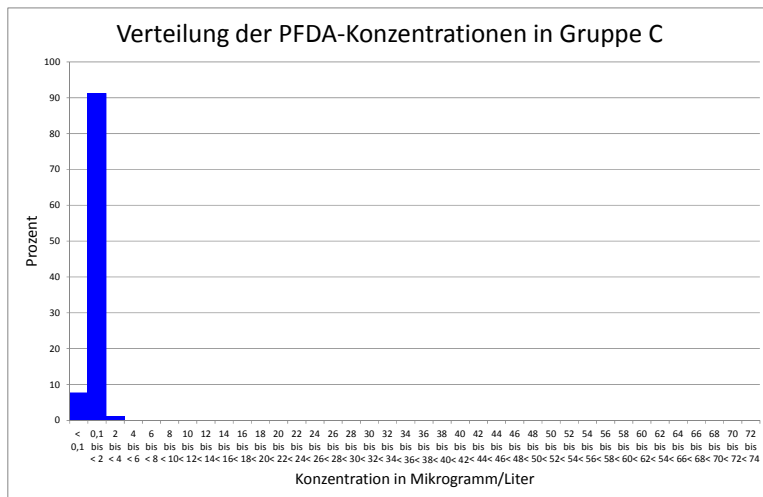
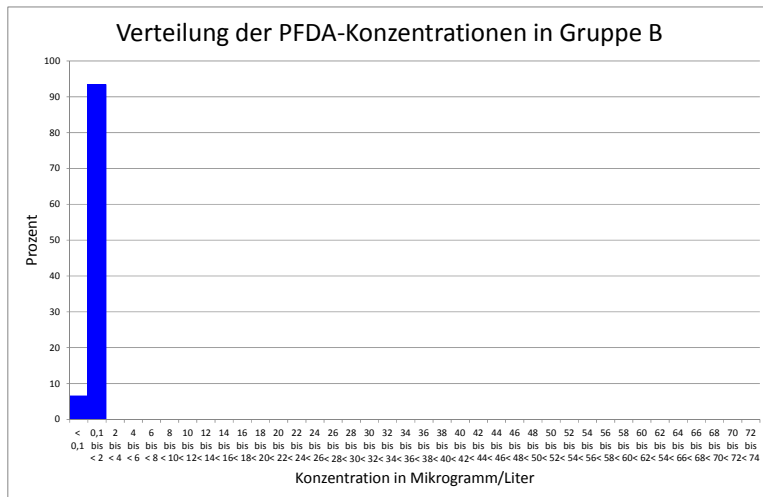
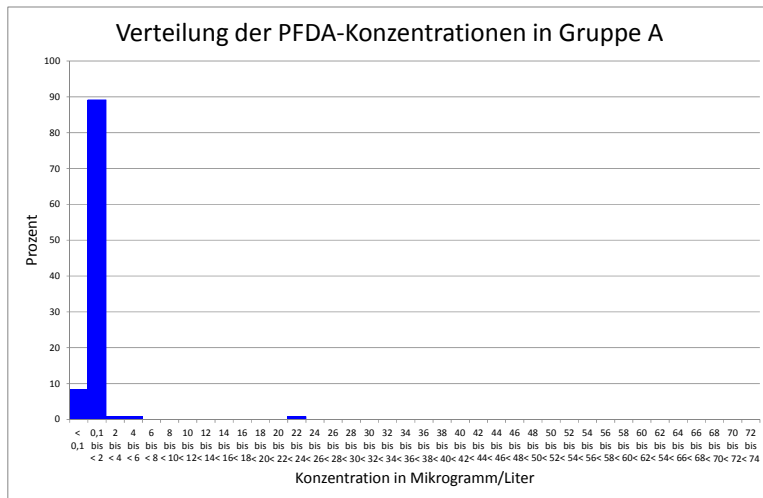


Abbildung 17a, 17b und 17c: Darstellung der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (17a – Gruppe A, 17b – Gruppe B, 17c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluorundekansäure (PFUnA)

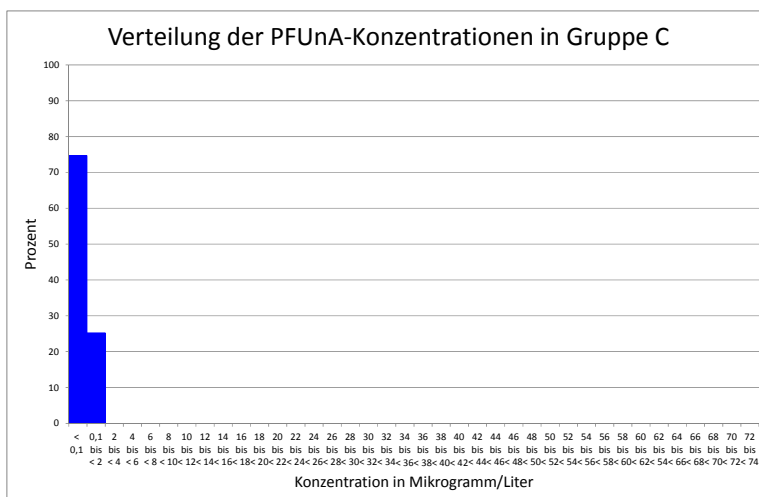
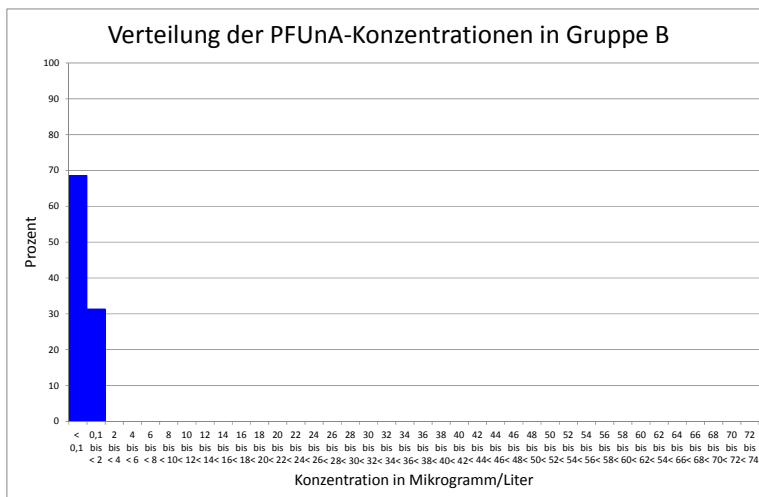
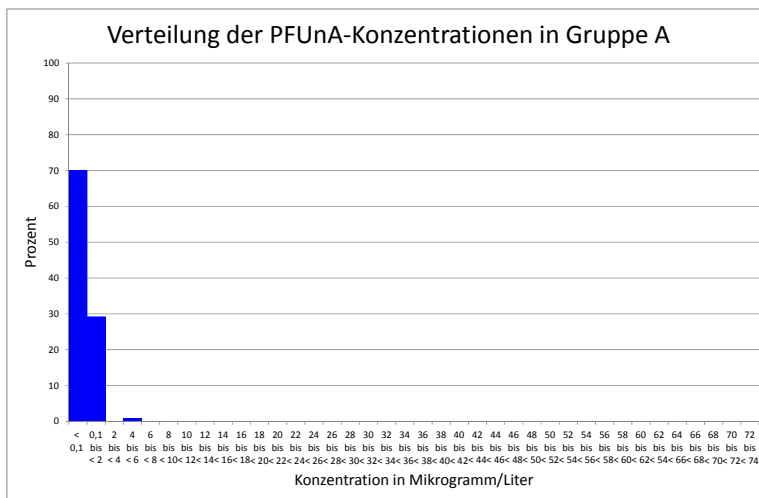


Abbildung 18a, 18b und 18c: Darstellung der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (18a – Gruppe A, 18b – Gruppe B, 18c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluordodekansäure (PFDoA)

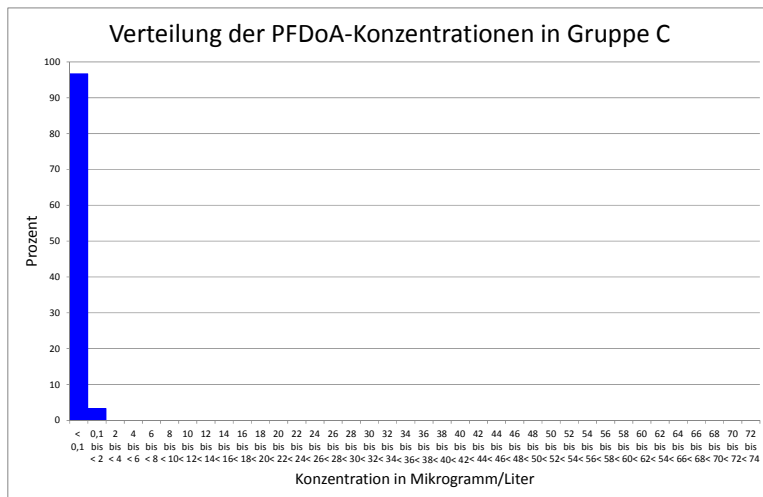
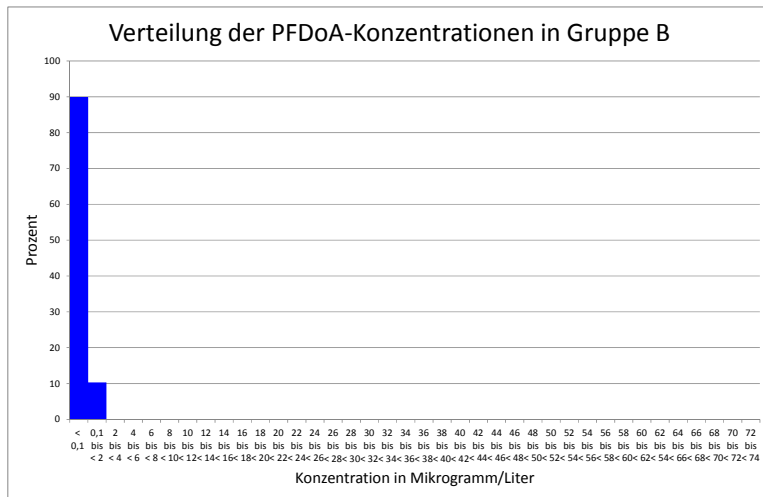
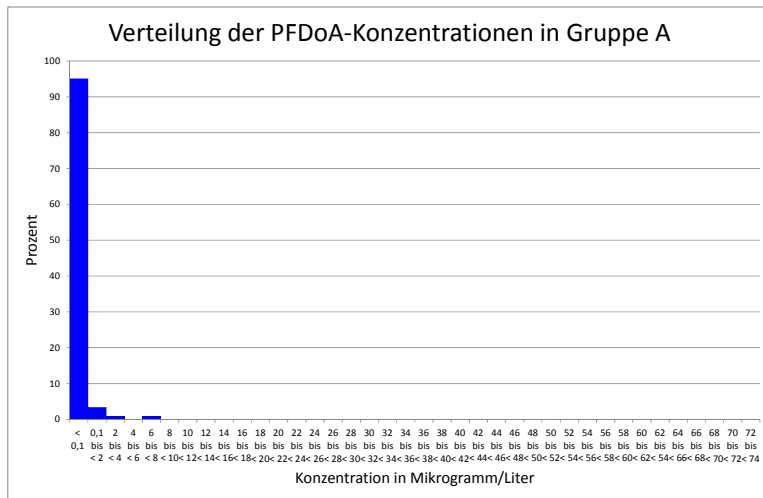


Abbildung 19a, 19b und 19c: Darstellung der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (19a – Gruppe A, 19b – Gruppe B, 19c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)



Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)

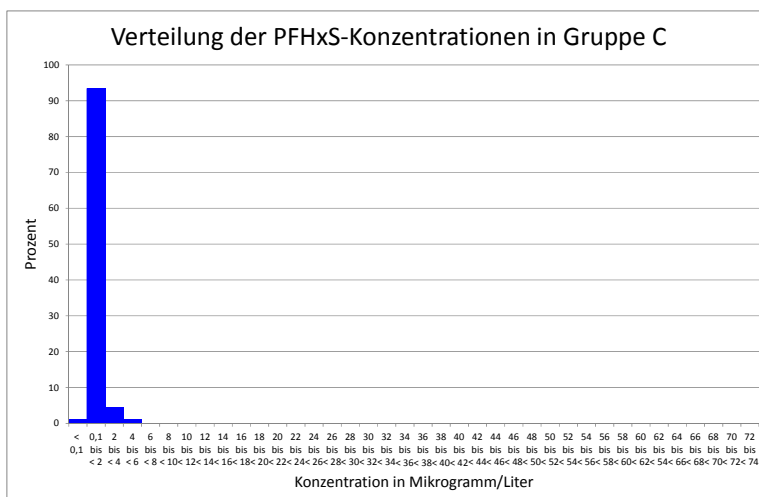
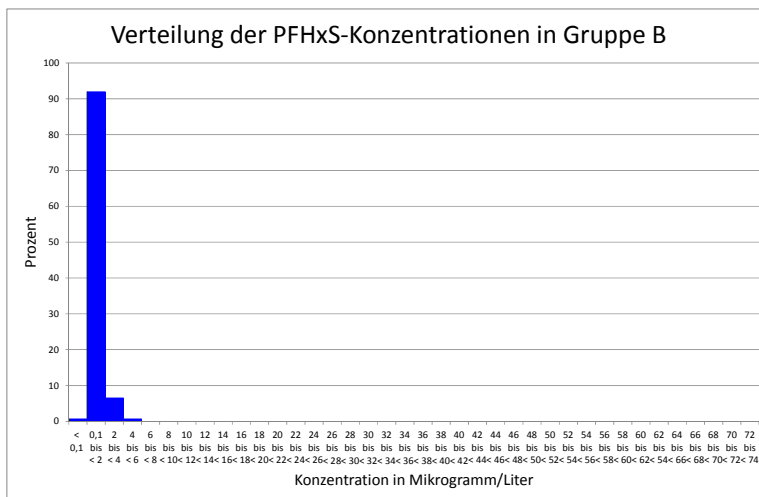
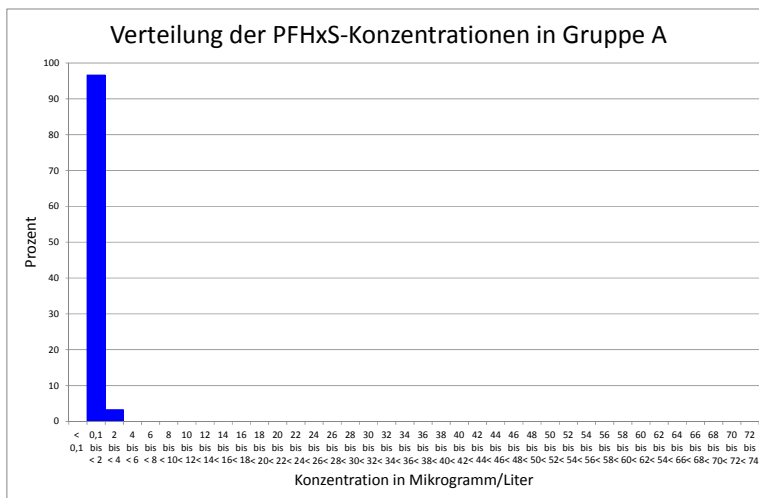


Abbildung 20a, 20b und 20c: Darstellung der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (20a – Gruppe A, 20b – Gruppe B, 20c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)

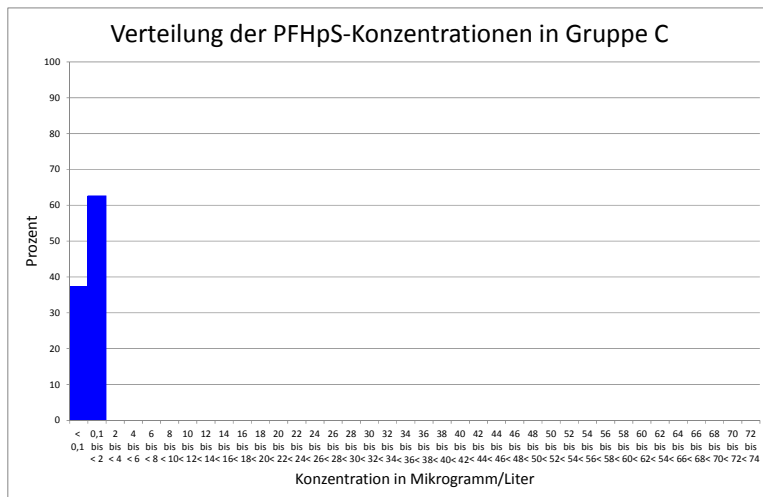
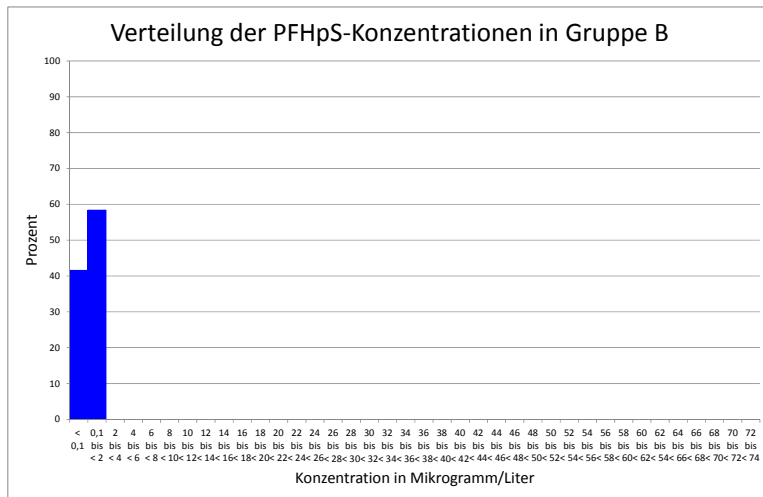
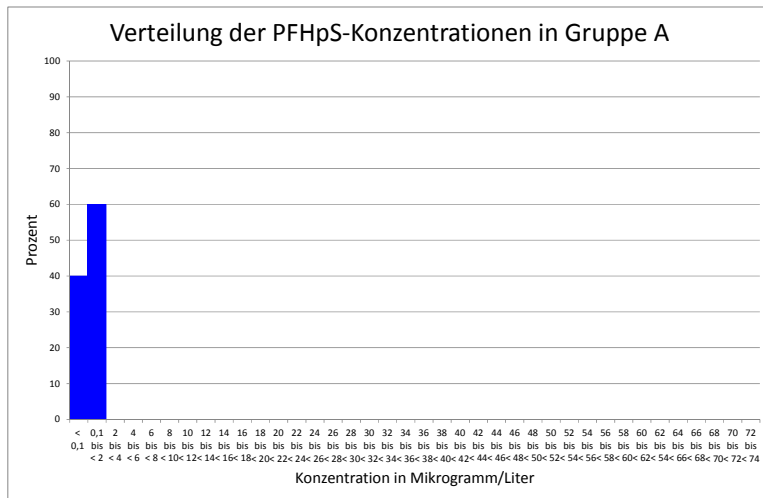


Abbildung 21a, 21b und 21c: Darstellung der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (21a – Gruppe A, 21b – Gruppe B, 21c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)

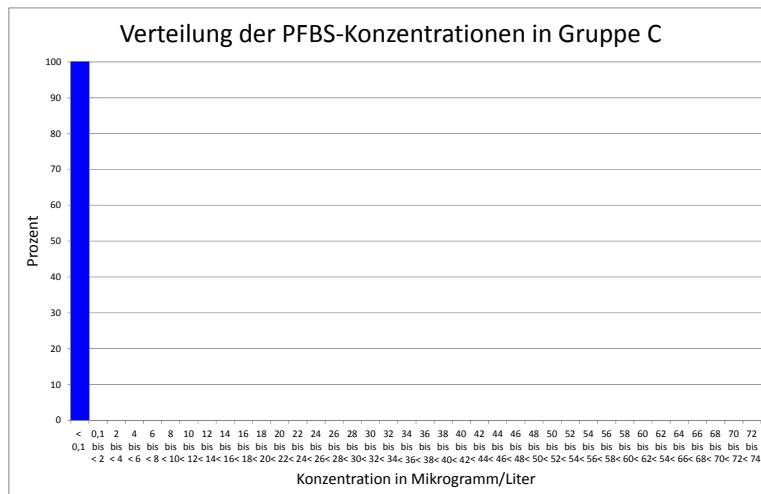
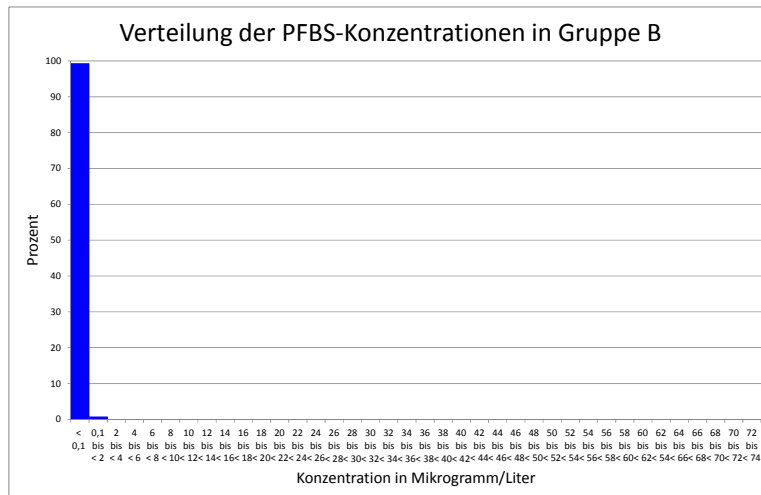
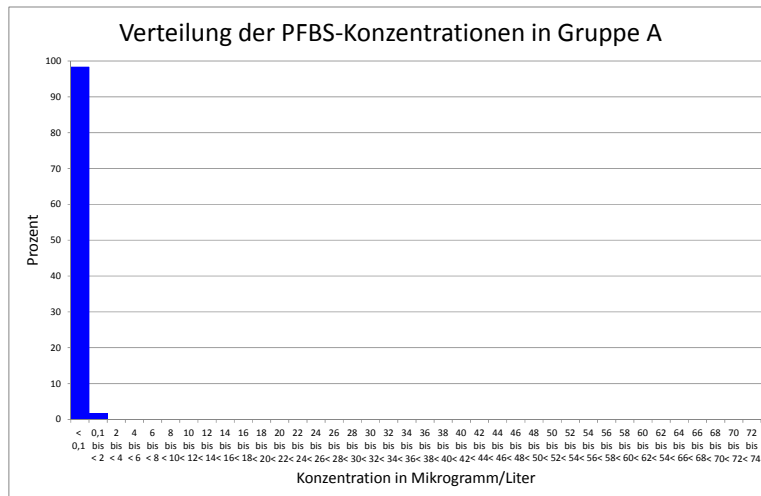


Abbildung 22a, 22b und 22c: Darstellung der Verteilungen der PFBS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (22a – Gruppe A, 22b – Gruppe B, 22c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse)

Auch in den Histogrammen zeigt sich der Unterschied der Verteilungen der PFOA-Werte in der Gruppe A im Vergleich zu den Gruppen B und C (vgl. Abbildungen 11a - 11f). Ein Unterschied in den Verteilungen der PFOA-Werte von Gruppe B und Gruppe C ist ebenfalls erkennbar, aber deutlich geringer ausgeprägt.

Die Verteilungen der PFOS-Konzentrationen unterschieden sich im Median zwischen den drei untersuchten Gruppen kaum: Gruppe A: 2,4 µg/l; Gruppe B: 2,7 (bzw. 2,8) µg/l und Gruppe C: 2,6 µg/l. Die höchsten Einzelwerte von PFOS-Konzentrationen wurden in der Gruppe C beobachtet, während die Streuung der PFOS-Werte in den Gruppe A und B geringer ausfiel.

Bei den anderen untersuchten Laborparametern sind kaum Unterschiede in den Verteilungen zwischen den drei Gruppen erkennbar.

### 3.2.3 Vergleich der PFOA- und PFOS-Konzentrationen in Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C

Die PFOA-Konzentrationen im Blut zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der untersuchten Gruppe (siehe Abbildungen 11a bis 11f und Tabelle 16). Der Median der PFOA-Werte in Gruppe A war mit 15,6 Mikrogramm/Liter etwa 13 Mikrogramm/Liter höher als der Median in Gruppe B.

Der Median in Gruppe B lag nach Ausschluss von eventuell über Trinkwasser am Arbeitsplatz exponierten Personen bei 2,3 Mikrogramm/Liter. Die Differenz zwischen den Medianen der Gruppen B und C betrug etwa 0,6 Mikrogramm/Liter (siehe Tabelle 16).

Der niedrigste Median wurde in der Gruppe C beobachtet (1,7 Mikrogramm/Liter).

Tabelle 16: Vergleich der Minima, Maxima, **Mediane** und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zwischen den Untersuchungsgruppen **A**, **B** und **C**

PFOA-Konzentration (Mikrogramm/Liter)	Minimum	1. Quartil	<b>Median</b>	3. Quartil	Maximum
<b>Gruppe A (alle)</b>	<b>2,5</b>	<b>10,2</b>	<b>15,6</b>	<b>23,8</b>	<b>71,2</b>
Gruppe B (alle)	0,2	1,8	<b>2,5</b>	4,0	23,0
Gruppe B (mit Ausschlüssen*)	0,2	1,7	<b>2,3</b>	3,6	19,2
Gruppe C (alle)	0,14	1,2	<b>1,7</b>	2,4	5,4
Gruppe C (mit Ausschlüssen*)	0,14	1,2	<b>1,7</b>	2,3	4,8

\* Die Auswertung mit Ausschlüssen für die Gruppen B und C erfolgte ohne die Werte der Untersuchungsteilnehmer, an deren Arbeitsorten eine PFC-Belastung durch Trinkwasser möglich war.

Beim Vergleich mit der Gruppe C war sowohl der Unterschied zwischen den PFOA-Werten in den Gruppen A und C als auch der Unterschied zwischen den PFOA-Werten in den Gruppen B und C im Wilcoxon-Mann-Whitney-Test signifikant (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Ergebnisse der einseitigen Wilcoxon-Zwei-Stichprobentests (U-Tests) zum Vergleich der Laborparameter PFOA und PFOS in den Gruppen A und C sowie in den Gruppen B und C, (Software: SAS Institute, Raleigh, North Carolina)

Laborparameter	Gruppenvergleich A > C	Gruppenvergleich B > C
Perfluoroktansäure (PFOA)	■	■
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	n.s.	n.s.

■ signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit alpha=0,05

n.s. nicht signifikant



### 3.2.5 PFOA-Konzentrationen im Blut in Abhängigkeit vom Trinkwasserkonsum und von der untersuchten Gruppe

Die Besetzungszahlen in den einzelnen Untergruppen für geschichtete Analysen zu möglichen weiteren Einflussfaktoren getrennt nach den Gruppen A, B und C waren bei fast allen potentiellen Einflussvariablen relativ klein. Deswegen wurde auf umfangreiche geschichtete Analysen verzichtet, da bei solchen Besetzungszahlen bereits die Schätzung von Quartilen mit einer relativ hohen Unsicherheit behaftet ist. (Siehe [6] Weiß, 2013 und [7] Schoonjans et al. 2011.) Da der Vergleich der PFOA-Werte in den drei Gruppen Hinweise auf einen relativ starken Einfluss des Trinkwasserkonsums nahelegte, wurde eine geschichtete Analyse der PFOA-Werte getrennt nach den Gruppen A, B und C sowie der Menge des täglichen Trinkwasserkonsums (zu Hause) durchgeführt. Dazu wurden die Antworten auf Frage 11 im Fragebogen herangezogen, die wie folgt lautete: „Wie groß ist in etwa die Trinkwassermenge aus Ihrer häuslichen Wasserleitung, die Sie täglich zu sich nehmen? (1 Glas = ca. 200 ml)? Ankreuzbar waren diese fünf Antwortkategorien: „0 Gläser“, „1-2 Gläser“, „3-5 Gläser“, „6-8 Gläser“ oder „mehr“. In den Abbildungen 23a, 23b und 23c sind die Ergebnisse dieser Auswertung für die drei Gruppen A, B und C graphisch dargestellt.

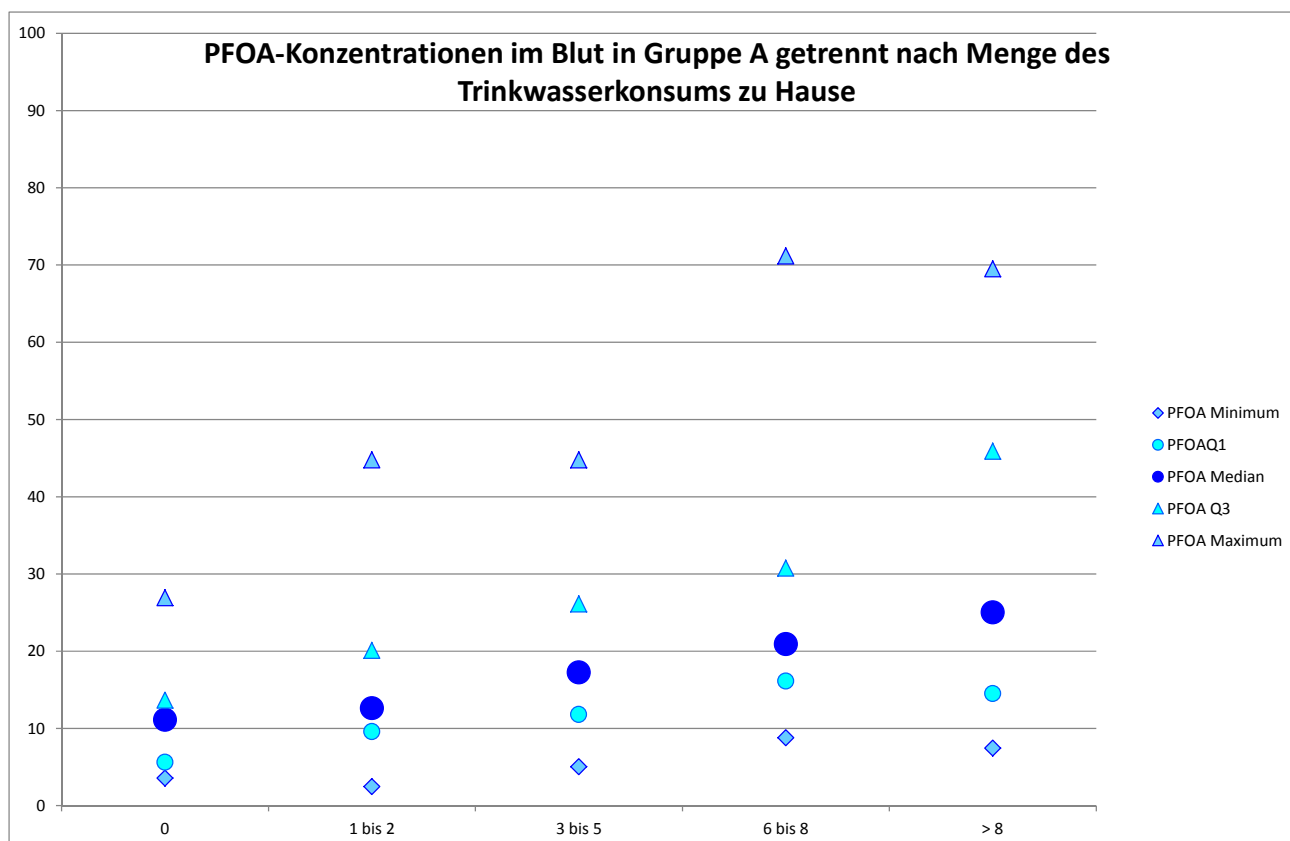


Abbildung 23a: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus der Gruppe A: getrennt nach Menge des Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

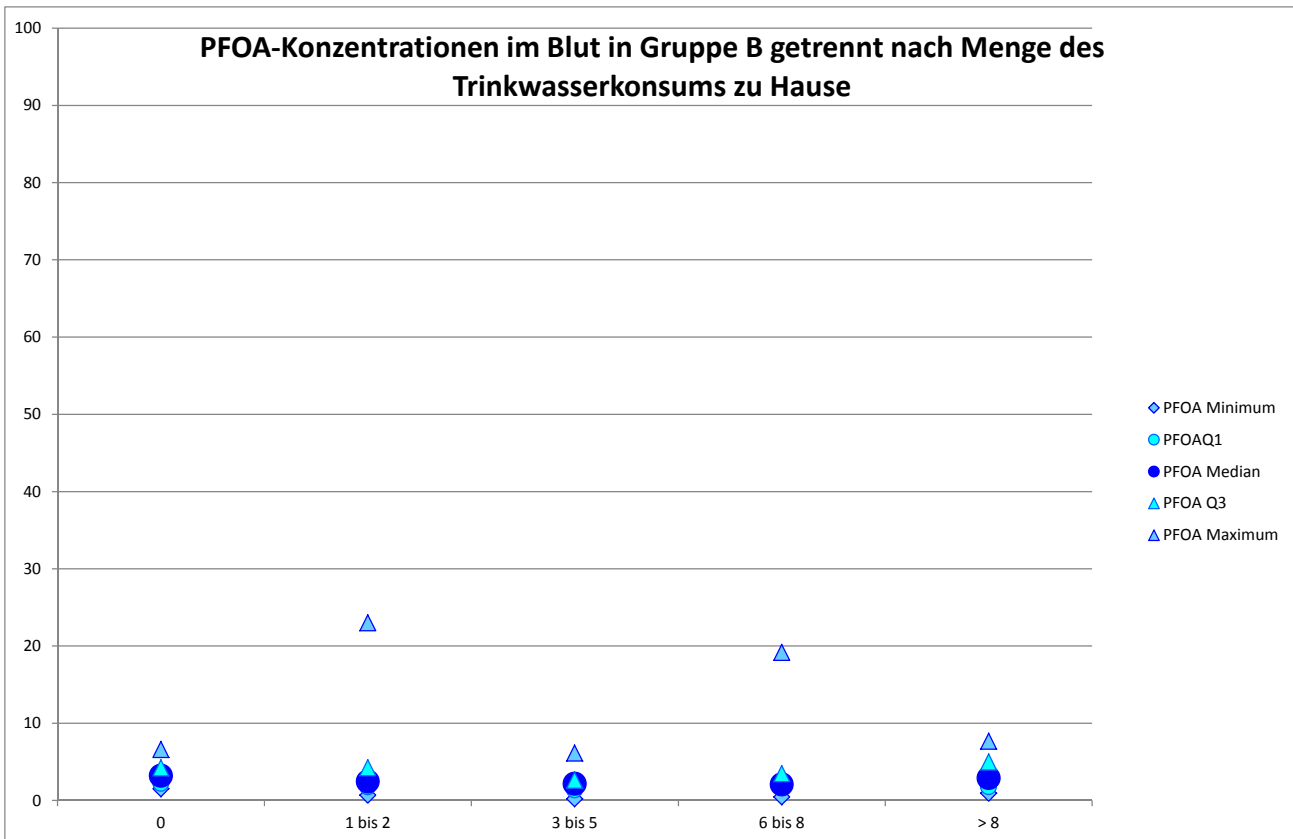


Abbildung 23b: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus der Gruppe B: getrennt nach Menge des Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

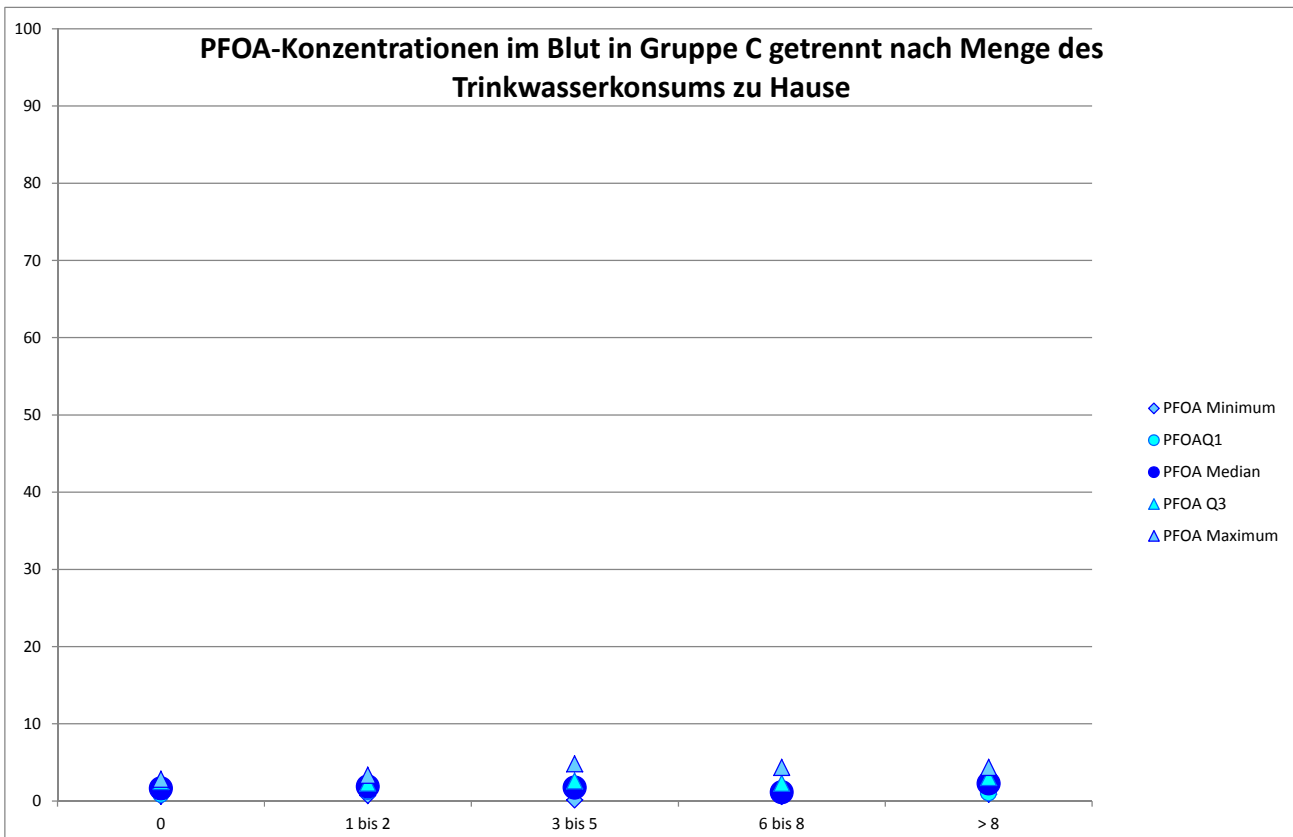


Abbildung 23c: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus der Gruppe C: getrennt nach Menge des Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).



Die Menge des häuslichen Trinkwasserkonsums wurde hier als Approximation für früheren Trinkwasserkonsum gewählt, da Angaben zu veränderten Trinkgewohnheiten nur von einigen der Befragten vorlagen und eine Verzerrung der Schätzung des Trinkwasserkonsums durch unterschiedliche Erinnerungszeiträume (Recall-Bias) ausgeschlossen werden sollte.

Bei den PFOA-Konzentrationen in der Gruppe A ist ein Zusammenhang zwischen der Menge des häuslichen Trinkwasserkonsums und der medianen PFOA-Konzentration im Sinne einer Dosis-Wirkungsbeziehung erkennbar (vgl. Abb. 23a).

Bei den PFOA-Werten in den Gruppen B und C findet sich dagegen keine solche Abhängigkeit von der Trinkwassermenge aus der häuslichen Wasserleitung.

#### 4 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Im Rahmen der ersten Blutkontrolluntersuchung im Jahr 2018 wurden bei den untersuchten Personen aus Orten mit einer früheren PFC-Belastung über das Trinkwasser höhere Konzentrationen von Perfluorooctansäure (PFOA) im Blutplasma festgestellt (Median in Gruppe A: 15,6 Mikrogramm pro Liter) als bei den untersuchten Personen aus den anderen beiden Gruppen B und C. In der Gruppe B lag der Median bei 2,3 Mikrogramm pro Liter, während der Median in der Gruppe C mit 1,7 Mikrogramm pro Liter um 0,6 Mikrogramm pro Liter darunter lag.

Die PFOA-Konzentrationen im Blut von Personen mit Exposition über das Trinkwasser waren im Mittel etwa 14 Mikrogramm pro Liter höher als bei Personen ohne eine solche Exposition. Personen aus Orten mit einer möglichen Exposition über Belastungen im Boden und Grundwasser, ohne Exposition über Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung, hatten PFOA-Konzentrationen im Blut, die im Mittel um etwa 0,6 Mikrogramm pro Liter höher lagen als in der (nicht exponierten) Gruppe C.

In der Gruppe A war ein Zusammenhang zwischen der Menge des häuslichen Trinkwasserkonsums und der Höhe der PFOA-Konzentration im Blut erkennbar. In den Gruppen B und C war ein solcher Zusammenhang nicht erkennbar. Die in den drei Untersuchungsgruppen beobachteten PFOA-Konzentrationen und die Auswertungsergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass die höheren PFOA-Werte in der Gruppe A im Wesentlichen auf die Exposition über den früheren Trinkwasserkonsum vor 2014 zurückzuführen sind.

Eine Einordnung der vorliegenden Ergebnisse aus den drei untersuchten Gruppen im Vergleich zu anderen Untersuchungen ermöglicht die Abbildung 24 im Anhang 6.5.

Die im Rahmen der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt gemessenen PFOA-Konzentrationen im Blut lagen insgesamt in einem Bereich, der vergleichbar mit Untersuchungsergebnissen bei anderen PFC-Schadensfällen ist. Eine Untersuchung im Landkreis Altötting ergab in mehreren Untersuchungsorten höhere PFOA-Werte als in der Gruppe A der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt, was dadurch erklärlich ist, dass im Landkreis Rastatt bereits vor vier Jahren Maßnahmen zur Vermeidung der Exposition eingeleitet wurden.

Die Konzentrationen von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Blut zeigten dagegen keinen Zusammenhang mit der Belastung über das Trinkwasser. Die Verteilungen der PFOS-

Konzentrationen unterschieden sich im Median zwischen den drei untersuchten Gruppen kaum: Gruppe A: 2,4 µg/l; Gruppe B: 2,7 (bzw. 2,8) µg/l und Gruppe C: 2,6 µg/l. Die höchsten Einzelwerte von PFOS-Konzentrationen wurden in der Gruppe C beobachtet, während die Streuung der PFOS-Werte in den Gruppe A und B geringer ausfiel.

## PFOA

Der Anteil der PFOA-Werte, die oberhalb des Referenzwertes von 10 Mikrogramm/Liter lagen, war mit 77 % in Gruppe A am höchsten (Gruppe B: 2 % Gruppe C: 0 %).

Die Anteile von PFOA-Werten oberhalb des HBM I-Wertes von 2 Mikrogramm/Liter betragen in den drei Gruppen: 100% in Gruppe A, 66% in Gruppe B und 42% in Gruppe C.

Der Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) als Grenzwert für die Konzentration eines Arbeitsstoffes im biologischen Material (z. B. Blut oder Urin) von Beschäftigten, die beruflich direkt mit PFOA umgehen, liegt für PFOA bei 5000 Mikrogramm/Liter. Dieser Grenzwert wurde in der vorliegenden Blutkontrolluntersuchung bei keiner der untersuchten Blutproben überschritten.

Eine gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse ist aufgrund fehlender Daten sehr schwierig und für Einzelwerte kaum möglich. Der HBM-I-Wert als Vorsorge- und Zielwert definiert keine Schwelle zur gesundheitlichen Gefährdung. Ein HBM-II-Wert konnte für PFOA anhand der bisher vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse noch nicht festgelegt werden. Die bisherigen Hinweise auf eventuelle gesundheitliche Wirkungen von PFOA (und PFOS) beim Menschen stammen im Wesentlichen aus epidemiologischen Studien, in denen Korrelationen zwischen Konzentrationen im Blut und verschiedenen Endpunkten untersucht wurden, die auf Assoziationen hindeuten können, die jedoch nicht notwendigerweise kausale Beziehungen widerspiegeln müssen. Solche Studien allein können immer nur Hinweise und Vermutungen liefern, jedoch nicht als Beweis für Kausalbeziehungen herangezogen werden.

## PFOS

Der Anteil der PFOS-Werte oberhalb des Referenzwertes von 25 Mikrogramm/Liter lag in den Gruppen A und B bei 0 und in der Gruppe C bei 1%.

Die Anteile von PFOS-Werten oberhalb des HBM I-Wertes von 5 Mikrogramm/Liter betragen in den drei Gruppen: 9% in Gruppe A, 20% in Gruppe B und 22% in Gruppe C.

## Weitere Laborparameter

Für die untersuchten Laborparameter Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluorundekansäure (PFUnA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) liegen keine Bewertungsmaßstäbe dazu vor, welche Konzentrationen im Blut gesundheitlich von Bedeutung sind.

Ein Vergleich mit Ergebnissen der Untersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in München und im Landkreis Altötting zeigt ähnliche Verteilungen und Mediane bei den dort ebenfalls untersuchten Parametern Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) und Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS).

## Ausblick

Die Ergebnisse der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2018 werden mit diesem Bericht veröffentlicht. Alle Personen, die an der Untersuchung teilgenommen haben, erhalten eine Kurzfassung der wesentlichen Untersuchungsergebnisse zugesandt. Sie werden dann vom Gesundheitsamt Rastatt im Jahr 2020 erneut zur Teilnahme und Abgabe einer Blutprobe eingeladen, um die zeitliche Entwicklung der PFC-Konzentrationen im Blut - insbesondere der PFOA-Konzentrationen – zu analysieren und einschätzen zu können.

Fragen zu zeitlichen Trends in den PFC-Werten im Blut können erst nach Durchführung der zweiten und dritten Untersuchung 2020 bzw. 2023 beantwortet werden.

## 5 Literatur

- [1] Umweltbundesamt:  
Stellungnahme der Kommission Humanbiomonitoring des Umweltbundesamtes:  
Referenzwerte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im  
Blutplasma. Bundesgesundheitsbl 2009 (52), S. 878-885
- [2] Deutsche Forschungsgemeinschaft:  
MAK- und BAT-Werte-Liste 2018: Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheits-  
schädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 54. Wiley 2018
- [3] Umweltbundesamt:  
HBM I values for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)  
in blood plasma. Statement of the German Human Biomonitoring Commission (HBM  
Commission). Bundesgesundheitsbl 2016 (59), S. 1364
- [4] Gledhill A, Kärrman A, Ericson I, Van Bavel B, Linström G, Kearney G:  
Analysis of perfluorinated compounds in whole blood and plasma using Aquity UPLCTM  
and Waters Quattro PremierTM XE. Organohalogen Compounds 2006 (68), S. 1684-1687
- [5] Göen T, Schaller KH, Drexler H: External quality assessment of human biomonitoring in  
the range of environmental exposure levels. Int. J. Hyg. Environ. Health 2012 (215),  
S. 229-232.
- [6] Weiß C (2013): Basiswissen Medizinische Statistik. Springer-Verlag, 6. Auflage 2013
- [7] Schoonjans F, De Bacquer D, Schmid P:  
Estimation of Population Percentiles. Epidemiology 2011 (22), S. 750-751  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3171208/>
- [8] Hölzer J, Midasch O, Rauchfuss K, Kraft M, Reupert R, Angerer J, Kleeschulte P, Mar-  
schall N, Wilhelm M (2008): Biomonitoring of Perfluorinated Compounds in Children and  
Adults Exposed to Perfluorooctanoate-Contaminated Drinking Water. Environmental Health  
Perspectives. 2008, 116(5), S. 651-657.
- [9] Midasch O, Schettgen T, Angerer J (2006): Pilot study on the perfluorooctanesulfonate  
and perfluorooctanoate exposure of the German general population. Int J Hyg Environ  
Health. 2006, 209(6), S. 489-96.
- [10] Fromme H, Midasch O, Twardella D, Angerer J, Boehmer S, Liebl B (2007): Occur-  
rence of perfluorinated substances in an adult German population in southern Bavaria. Int  
Arch Occup Environ Health. 2007, 80(4), S. 313-319.
- [11] Brede E, Wilhelm M, Göen T, Müller J, Rauchfuss K, Kraft M, Hölzer J (2010): Two-  
year follow-up biomonitoring pilot study of residents' and controls' PFC plasma levels after  
PFOA reduction in public water system in Arnsberg, Germany. Int J Hyg Environ Health.  
2010, 213(3), S. 17-23.
- [12] Fromme H, Wöckner M, Roschera E, Völkel W (2017): ADONA and perfluoroalkylated  
substances in plasma samples of German blood donors living in South Germany. Int J Hyg  
Environ Health. 2017, 220, S. 455-460
- [13] Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (2018): Human-  
Biomonitoring von perfluorierten Substanzen in Teilen des Landkreises Altötting – Ab-  
schlussbericht. LGL Bayern, München, Juli 2018

## 6 Anhang

Anhang 6.1: Glossar verwendeter Fachbegriffe.....	53
Anhang 6.2: Abbildungsverzeichnis.....	54
Anhang 6.3: Tabellenverzeichnis.....	57
Anhang 6.4: Spannweiten (Minima bis Maxima) von PFOA-Konzentrationen im Blut bei Erwachsenen in verschiedenen Untersuchungen in Deutschland.....	58
Anhang 6.5: Weitere Auswertungsergebnisse.....	59
Anhang 6.6: Fragebogen.....	61

## Anhang 6.1: Glossar verwendeter Fachbegriffe

Zur Erläuterung häufig verwendeter Fachbegriffe:

Minimum: kleinster in der jeweiligen Gruppe beobachteter Wert.

1. Quartil: unterhalb dieses Wertes liegen 25 Prozent der beobachteten Werte.

Median (2. Quartil): unterhalb dieses Wertes liegen 50 Prozent der beobachteten Werte.

3. Quartil: unterhalb dieses Wertes liegen 75 Prozent der beobachteten Werte.

Maximum: höchster in der jeweiligen Gruppe beobachteter Wert.

Perzentil: Ein Perzentil ist ein Begriff aus der Statistik, der den Wert angibt, unterhalb dessen ein bestimmter Prozentsatz von Beobachtungswerten in einer Reihe von Beobachtungen liegt. Zum Beispiel ist das 95. Perzentil der Wert, unter dem 95% der Beobachtungswerte liegen.

Blutplasma: Blutplasma ist der flüssige Anteil des Blutes, den man erhält, wenn man eine (ungerinnbar gemachte) Blutprobe zentrifugiert. Diese Flüssigkeit enthält durch die Zentrifugation keine Blutzellen (Erythrozyten, Thrombozyten und Leukozyten) mehr.

## Anhang 6.2: Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 2: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFOS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 3: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kern-stadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 4: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen r aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kern-stadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 5: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 6: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 7: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kern-stadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 8: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kern-stadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.



Abbildung 9: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kern-stadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 10: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A: mit Wohn-ort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kern-stadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halbers-tung oder Sinzheim-Schif-tung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern.

Abbildung 11a, 11b und 11c: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (11a – Gruppe A, 11b – Gruppe B, 11c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 11d, 11e und 11f: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (11d – Gruppe A, 11e – Gruppe B unter Ausschluss eventuell durch Trinkwasser am Arbeitsplatz oder aus eigenem Brunnen exponierter Personen, 11f – Gruppe C unter Ausschluss eventuell durch Trinkwasser am Arbeitsplatz exponierter Personen), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 12a, 12b und 12c: Darstellung der Verteilungen der PFOS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (12a – Gruppe A, 12b – Gruppe B, 12c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 13a, 13b und 13c: Darstellung der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (13a – Gruppe A, 13b – Gruppe B, 13c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 14a, 14b und 14c: Darstellung der Verteilungen der PFHxA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (14a – Gruppe A, 14b – Gruppe B, 14c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 15a, 15b und 15c: Darstellung der Verteilungen der PFHpA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (15a – Gruppe A, 15b – Gruppe B, 15c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 16a, 16b und 16c: Darstellung der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (16a – Gruppe A, 16b – Gruppe B, 16c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 17a, 17b und 17c: Darstellung der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (17a – Gruppe A, 17b – Gruppe B, 17c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 18a, 18b und 18c: Darstellung der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (18a – Gruppe A, 18b – Gruppe B, 18c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 19a, 19b und 19c: Darstellung der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (19a – Gruppe A, 19b – Gruppe B, 19c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 20a, 20b und 20c: Darstellung der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (20a – Gruppe A, 20b – Gruppe B, 20c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 21a, 21b und 21c: Darstellung der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (21a – Gruppe A, 21b – Gruppe B, 21c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 22a, 22b und 22c: Darstellung der Verteilungen der PFBS-Konzentrationen im Blut getrennt nach Gruppen (22a – Gruppe A, 22b – Gruppe B, 22c – Gruppe C), Angaben in Mikrogramm pro Liter (Abszisse).

Abbildung 23a: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus der Gruppe A: getrennt nach Menge des Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

Abbildung 23b: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus der Gruppe B: getrennt nach Menge des Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

Abbildung 23c: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus der Gruppe C: getrennt nach Menge des Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

Abbildung 24: Spannweiten (Minima bis Maxima) von PFOA-Konzentrationen im Blut bei Erwachsenen in verschiedenen Untersuchungen in Deutschland einschließlich der Ergebnisse für die drei Gruppen A, B und C aus der Blutkontrolluntersuchung 2018 im Landkreis Rastatt: **Gruppe A:** Kuppenheim / Gernsbach-Kernstadt, **Gruppe B:** Bühl-Weitenung / Sinzheim-Müllhofen / Sinzheim-Halberstung / Sinzheim-Schiftung und **Gruppe C:** Au / Bietigheim / Durmersheim / Elchesheim-Illingen / Ötigheim / Steinmauern.

Abbildung 25: Spannweiten (Minima bis Maxima) der PFC-Konzentrationen von PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDaA, PFBS, PFHxS und PFHpS in den untersuchten Blutproben von Erwachsenen im Landkreis Rastatt (2018, alle Blutproben).

Abbildung 26: Scattergramm der PFOA- und PFOS-Konzentrationen in den untersuchten Blutproben von Erwachsenen im Landkreis Rastatt (2018, alle Blutproben).

## Anhang 6.3: Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der in der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt vom Labor bestimmten Parameter mit den jeweiligen Bestimmungsgrenzen (LOQ: limit of quantification) und Präzisionsangaben

Tabelle 2: Anzahl der Personen, die an der Untersuchung 2018 teilgenommen haben, in den Gruppen A, B und C

Tabelle 3: Geschlechtsverteilung der Personen, die an der Untersuchung teilgenommen haben, in den Gruppen A, B und C

Tabelle 4: Verteilung der untersuchten Personen nach Alter in den Gruppen A, B und C

Tabelle 5: Minima, Maxima und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 6: Minima, Maxima und Quartile der PFOS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 7: Minima, Maxima und Quartile der PFPeA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 8: Minima, Maxima und Quartile der PFHpA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 9: Minima, Maxima und Quartile der PFNA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 10: Minima, Maxima und Quartile der PFDA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 11: Minima, Maxima u. Quartile der PFUnA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 12: Minima, Maxima u. Quartile der PFDoA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 13: Minima, Maxima u. Quartile der PFHxS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 14: Minima, Maxima u. Quartile der PFHpS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 15: Minima, Maxima und Quartile der PFBS-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

Tabelle 16: Vergleich der Minima, Maxima, **Mediane** und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zwischen den Untersuchungsgruppen **A**, B und C

Tabelle 17: Ergebnisse der einseitigen Wilcoxon-Zwei-Stichprobentests (U-Tests) zum Vergleich der Laborparameter PFOA und PFOS in den Gruppen A und C sowie in den Gruppen B und C, (Software: SAS Institute, Raleigh, North Carolina)

Tabelle 18: Ergebnisse der zweiseitigen Wilcoxon-Zwei-Stichprobentests (U-Tests) zum Vergleich weiterer Laborparameter in den Gruppen A und C sowie in den Gruppen B und C (Software: SAS Institute, Raleigh, North Carolina)

## Anhang 6.4:

### Spannweiten (Minima bis Maxima) von PFOA-Konzentrationen im Blut bei Erwachsenen in verschiedenen Untersuchungen in Deutschland

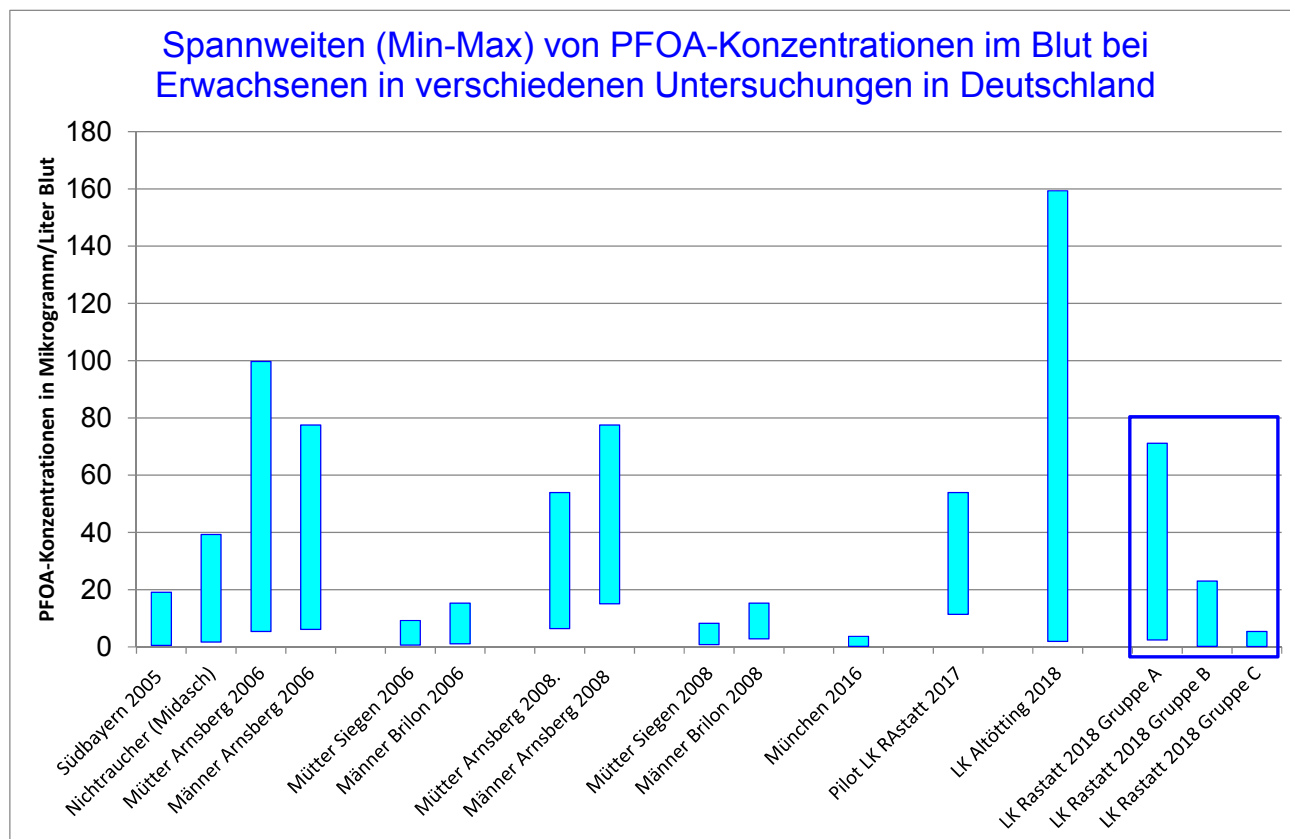


Abbildung 24: Spannweiten (Minima bis Maxima) von PFOA-Konzentrationen im Blut bei Erwachsenen in verschiedenen Untersuchungen in Deutschland einschließlich der Ergebnisse für die drei Gruppen A, B und C aus der Blutkontrolluntersuchung 2018 im Landkreis Rastatt: **Gruppe A:** Kuppenheim / Gernsbach-Kernstadt, **Gruppe B:** Bühl-Weitenung / Sinzheim-Müllhofen / Sinzheim-Halberstung / Sinzheim-Schiftung und **Gruppe C:** Au / Bietigheim / Durmersheim / Elchesheim-Illingen / Ötigheim / Steinmauern.

#### Quellen:

Hölzer J, Midasch O, Rauchfuss K, Kraft M, Reupert R, Angerer J, Kleeschulte P, Marschall N, Wilhelm M (2008): Biomonitoring of Perfluorinated Compounds in Children and Adults Exposed to Perfluorooctanoate-Contaminated Drinking Water. *Environmental Health Perspectives*. 2008, 116(5), S. 651-657.

Brede E, Wilhelm M, Göen T, Müller J, Rauchfuss K, Kraft M, Hölzer J (2010): Two-year follow-up biomonitoring pilot study of residents' and controls' PFC plasma levels after PFOA reduction in public water system in Arnsberg, Germany. *Int J Hyg Environ Health*. 2010, 213(3), S. 17-23.

Midasch O, Schettgen T, Angerer J (2006): Pilot study on the perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate exposure of the German general population. *Int J Hyg Environ Health*. 2006, 209(6), S. 489-96.

Fromme H, Midasch O, Twardella D, Angerer J, Boehmer S, Liebl B (2007): Occurrence of perfluorinated substances in an adult German population in southern Bavaria. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007, 80(4), S. 313-319.

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (2018): Human-Biomonitoring von perfluorierten Substanzen in Teilen des Landkreises Altkötting – Abschlussbericht, München, Juli 2018

Fromme H, Wöckner M, Roschera E, Völkel W (2017): ADONA and perfluoroalkylated substances in plasma samples of German blood donors living in South Germany. *Int J Hyg Environ Health*. 2017, 220, S. 455-460

## Anhang 6.5: Weitere Ergebnisse

### Anhang 6.5.1

Spannweiten der Laborparameter Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluorundekansäure (PFUnA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) in der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt (alle Teilnehmenden).

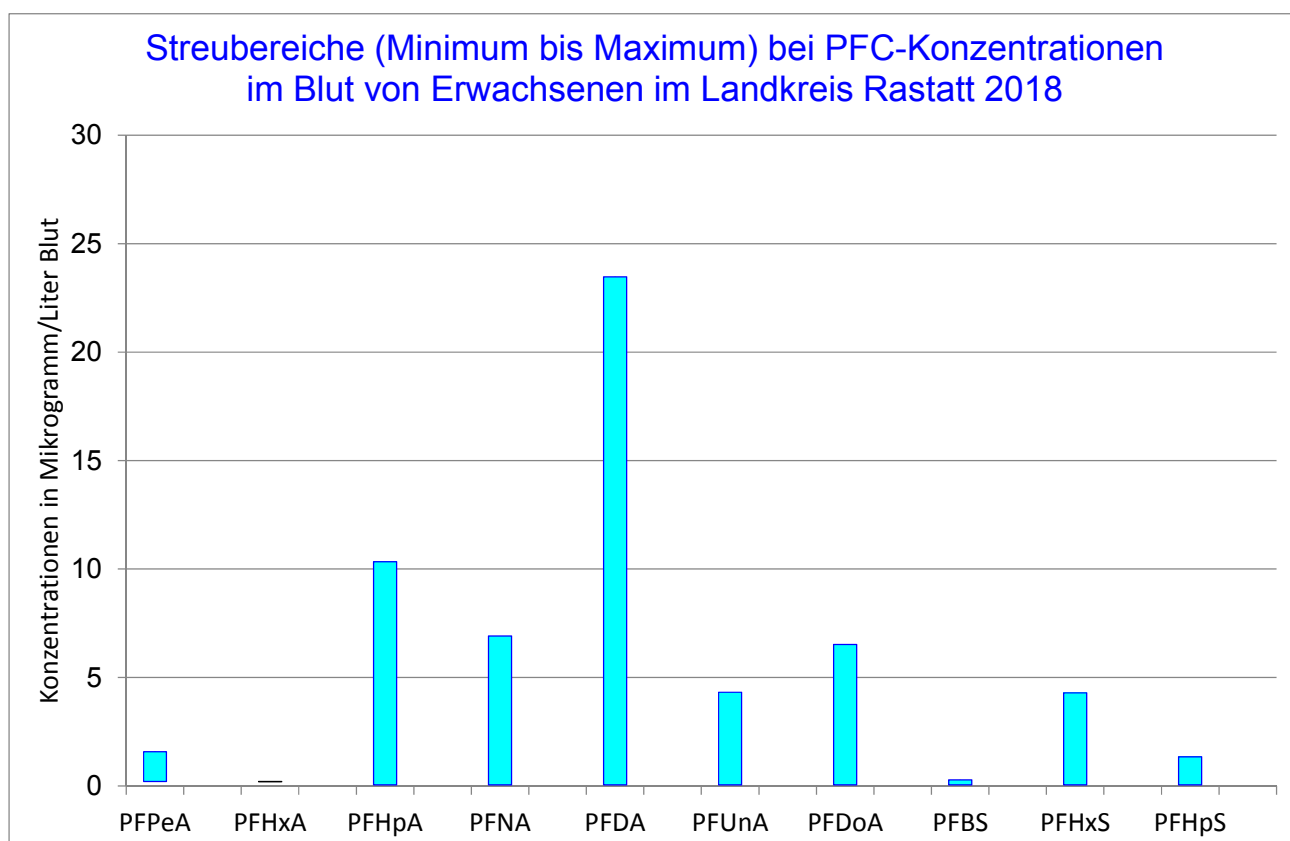


Abbildung 25: Spannweiten (Minima bis Maxima) der PFC-Konzentrationen von PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFBS, PFHxS und PFHpS in den untersuchten Blutproben von Erwachsenen im Landkreis Rastatt (2018, alle Blutproben).

### Anhang 6.5.2

Übersicht über die Minima, Maxima und Quartile der PFOA-Werte in den Gruppen A, B und C getrennt nach Geschlecht

	Männer					Frauen				
	Min	Q1	Median	Q3	Max	Min	Q1	Median	Q3	Max
Gruppe A	2,5	7,8	11,8	20,8	71,2	4,1	13,7	18,6	26,4	69,5
Gruppe B	0,6	1,9	2,7	4,1	15,1	0,2	1,6	2,4	3,9	23,0
Gruppe C	0,6	1,5	2,3	2,9	5,4	0,1	1,1	1,5	2,1	4,3

Anhang 6.5.3

Übersicht über die Minima, Maxima und Quartile der PFOA-Werte in Gruppe B getrennt nach Häufigkeit des Verzehrs von Gemüse

Gruppe B Gemuesekonsum	PFOA Minimum	PFOA Q1	PFOA Median	PFOA Q3	PFOA Maximum
einmal / Woche	0,45	1,24	2,32	5,62	6,8
mehrmals / Woche	0,20	1,76	2,18	3,12	23,0
(fast) täglich	0,75	1,63	2,33	3,99	19,2

Anhang 6.5.4

Scattergramm der PFOA- und PFOS-Konzentrationen im Blutplasma (alle Teilnehmer) in Mikrogramm/Liter

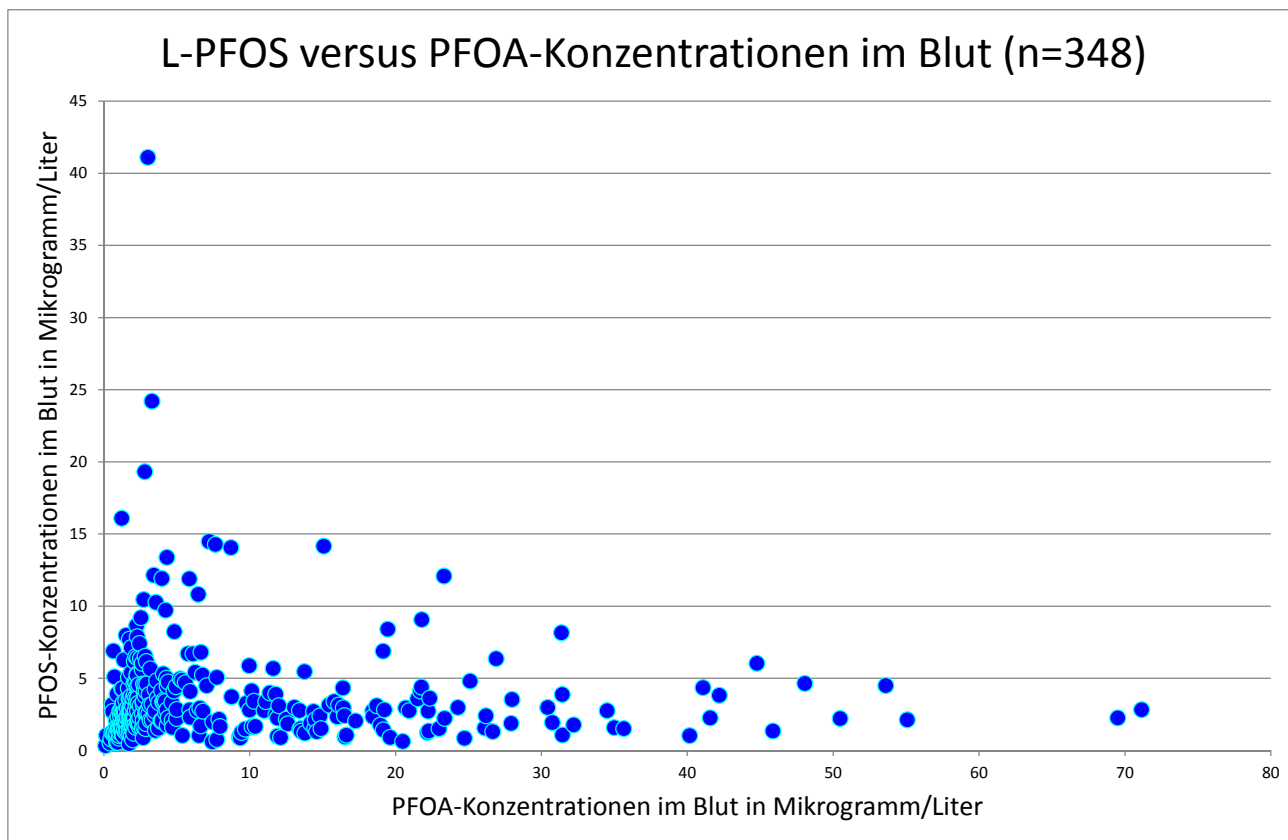


Abbildung 26: Scattergramm der PFOA- und PFOS-Konzentrationen in den untersuchten Blutproben von Erwachsenen im Landkreis Rastatt (2018, alle Blutproben).

# **PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt**

## **FRAGEBOGEN**

Sehr geehrte Damen und Herren, +

wie Sie vielleicht der Presse entnehmen konnten, führt das Landesgesundheitsamt in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt Rastatt eine Untersuchung zur Konzentration von perfluorierten Chemikalien (PFC) im Blut durch, um Informationen über die Verteilung von PFC-Konzentrationen in mehreren Gruppen der Bevölkerung zu ermitteln und den Einfluss von zusätzlichen Belastungen über das Trinkwasser, den Boden und das Grundwasser abzuschätzen. Dazu werden neben den Blutproben zusätzliche Angaben zu möglichen Einflussfaktoren auf die PFC-Konzentrationen benötigt.

Deshalb bitten wir Sie, diesen Fragebogen auszufüllen und das Angebot kostenloser Blutuntersuchungen auf PFCs zu nutzen. Sie ermöglichen uns dadurch, den Einfluss einiger Faktoren auf PFC-Konzentrationen im Blut abzuschätzen. Die Ergebnisse aus der Fragebogenauswertung sollen helfen, die Belastung mit PFC einzuordnen und im Hinblick auf mögliche Belastungswege zu bewerten.

Der Fragebogen wird anonymisiert, d. h. unabhängig von Ihrem Namen und Ihrer Anschrift beim Landesgesundheitsamt ausgewertet. Schreiben Sie daher bitte weder Ihren Namen noch Ihre Adresse auf den Fragebogen. Die Zuordnung der Codenummer zu Ihrem Namen ist nur dem zuständigen Gesundheitsamt bekannt und wird verwendet, um Ihnen die Untersuchungsergebnisse persönlich mitzuteilen. Alle Angaben unterliegen den Vorschriften des Datenschutzes und der ärztlichen Schweigepflicht.



## Hinweise zum Markieren des Formulars

Die Formulare werden maschinell gelesen. Deshalb

**BITTE DEUTLICH MARKIEREN!**

**Bitte so:**

**Nicht so:**

- Bitte verwenden Sie nach Möglichkeit einen **schwarzen Stift**. Die Markierungen sollten jedenfalls **schwarz** und nicht grau sein. Bei Verwendung eines Filzstifts sollten Sie darauf achten, dass er nicht auf die nächste Textseite durchschreibt.
- Bitte **keine Mehrfachmarkierungen** anbringen.
- Bleiben Sie beim Schreiben von Ziffern innerhalb des dafür vorgesehenen Feldes und schreiben Sie bitte nicht bis zu den Randlinien.
- Bitte lassen Sie nicht beantwortete Fragen einfach leer (**nicht durchstreichen**).
- Bitte fügen Sie keine zusätzlichen Markierungen (Kästchen) ein.
- Bitte verwenden Sie **KEINE FOTOKOPIEN** der Formulare.

### Allgemeine Fragen

Betrifft nur das  
Gesundheitsamt:  
Bitte hier Etikett  
exakt aufkleben



1. Wann sind Sie geboren (Geburtsjahr)?

--	--	--	--

Geburtsjahr

2. Welches Geschlecht haben Sie?

weiblich

männlich

3. Bitte tragen Sie Ihre Körpergröße in Zentimetern ein:

--	--	--

 cm

4. Bitte tragen Sie Ihr Gewicht in Kilogramm ein  
(ohne Kommastelle):

--	--	--

 kg



## Fragen zur Ernährung und zum Trinkwasserverzehr

5. Wie oft werden die folgenden Lebensmittelgruppen von Ihnen pro Woche verzehrt?	(fast) täglich	mehrmals in der Woche	etwa einmal in der Woche	weniger oder nie
Tee, Kaffee	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Milch, Kakao	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Säfte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limonaden (z. B. auch Cola)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wasser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fleisch (ohne Wurstwaren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innereien (z. B. Leber, Nieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wurstwaren, Schinken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Imbisskost (z. B. Hamburger, Pizza)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gemüse, Salate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Frisches Obst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuchen, Kekse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Süßigkeiten (z. B. Schokolade)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salziges Gebäck (z. B. Chips, Erdnüsse)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vollkornbrot, Schwarzbrot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weißbrot, Mischbrot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Käse, Quark, Joghurt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Butter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Wie oft werden die folgenden Lebensmittelgruppen <u>aus Ihrer Region</u> von Ihnen pro Woche verzehrt?	(fast) täglich	mehrmals in der Woche	etwa einmal in der Woche	weniger oder nie
Obst aus der Region	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gemüse aus der Region	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fisch aus der Region	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wildfleisch aus der Region	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lammfleisch aus der Region	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eier aus der Region	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**7. Wie oft werden die folgenden Lebensmittelgruppen aus Ihrem Garten von Ihnen pro Woche verzehrt?**

	(fast) täglich	mehrmals in der Woche	etwa einmal in der Woche	weniger oder nie
<b>Obst aus eigenem Garten</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Gemüse aus eigenem Garten</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**8. Wie oft verzehren Sie Fisch aus lokalen Gewässern?**

	1x im Monat	mehrmals im Jahr	etwa einmal im Jahr	weniger oder nie
<b>Fisch aus lokalen Gewässern</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**9. Ernähren Sie sich vegetarisch?** ja  nein

**10. Verwenden Sie Trinkwasser aus einer öffentlichen Wasserversorgung zur Zubereitung von Getränken (z. B. Kaffee, Tee, Saft) oder zum Kochen?** ja  nein

**11. Wie groß ist in etwa die Trinkwassermenge aus Ihrer häuslichen Wasserleitung, die Sie täglich zu sich nehmen? (1 Glas = ca. 200 ml)**  
 0 Gläser  1-2 Gläser  3-5 Gläser  6-8 Gläser  mehr

**12. Haben Sie den eigenen Konsum von Trink-/Kochwasser in den letzten 10 Jahren verändert?** ja  seit 

2	0		
---	---	--	--

 nein

**Wenn ja:**

**13. Wie groß war in etwa die Trinkwassermenge aus Ihrer häuslichen Wasserleitung, die Sie vor der Änderung täglich zu sich nahmen? (1 Glas = ca. 200 ml)**  
 0 Gläser  1-2 Gläser  3-5 Gläser  6-8 Gläser  mehr

**14. Verwenden Sie Ersatzwasser (z. B. Wasser in Flaschen aus dem Handel)?** ja  seit 

2	0		
---	---	--	--

 nein

15. **Verwenden Sie einen Soda-Bereiter (Sprudler, Soda-Streamer) mit Wasser aus der häuslichen Wasserleitung?**

ja  nein

16. **Befindet sich Ihre Arbeitsstelle im gleichen Ortsteil wie Ihre Wohnung?**

ja  nein  sondern im Ort \_\_\_\_\_

17. **Wie groß ist in etwa die Trinkwassermenge aus einer öffentlichen Wasserleitung, die Sie am Arbeitsplatz täglich zu sich nehmen?**  
(1 Glas = ca. 200 ml)

0 Gläser  1-2 Gläser  3-5 Gläser  6-8 Gläser  mehr

**Falls Sie Ihren Trinkwasserkonsum geändert haben:**

18. **Wie groß war in etwa die Trinkwassermenge aus einer öffentlichen Wasserleitung, die Sie vor der Änderung am Arbeitsplatz täglich zu sich nahmen?** (1 Glas = ca. 200 ml)

0 Gläser  1-2 Gläser  3-5 Gläser  6-8 Gläser  mehr

19. **Verwenden Sie am Arbeitsplatz einen Soda-Bereiter (Sprudler, Soda-Streamer) mit Wasser aus einer öffentlichen Wasserleitung?**

ja  nein

20. **Verwenden Sie Wasser aus einem eigenen Brunnen als Trink- oder Kochwasser?**

ja  nein

21. **Haben Sie früher Wasser aus einem eigenen Brunnen als Trink- oder Kochwasser verwendet?**

ja  bis 

2	0		
---	---	--	--

 nein

22. **Verwenden Sie Wasser aus einem eigenen Brunnen zur Gartenbewässerung?**

ja  nein

23. **Haben Sie früher Wasser aus einem eigenen Brunnen zur Gartenbewässerung verwendet?**

ja  bis 

2	0		
---	---	--	--

 nein

**Vielen Dank für Ihre Unterstützung!**



[www.gesundheitsamt-bw.de](http://www.gesundheitsamt-bw.de)