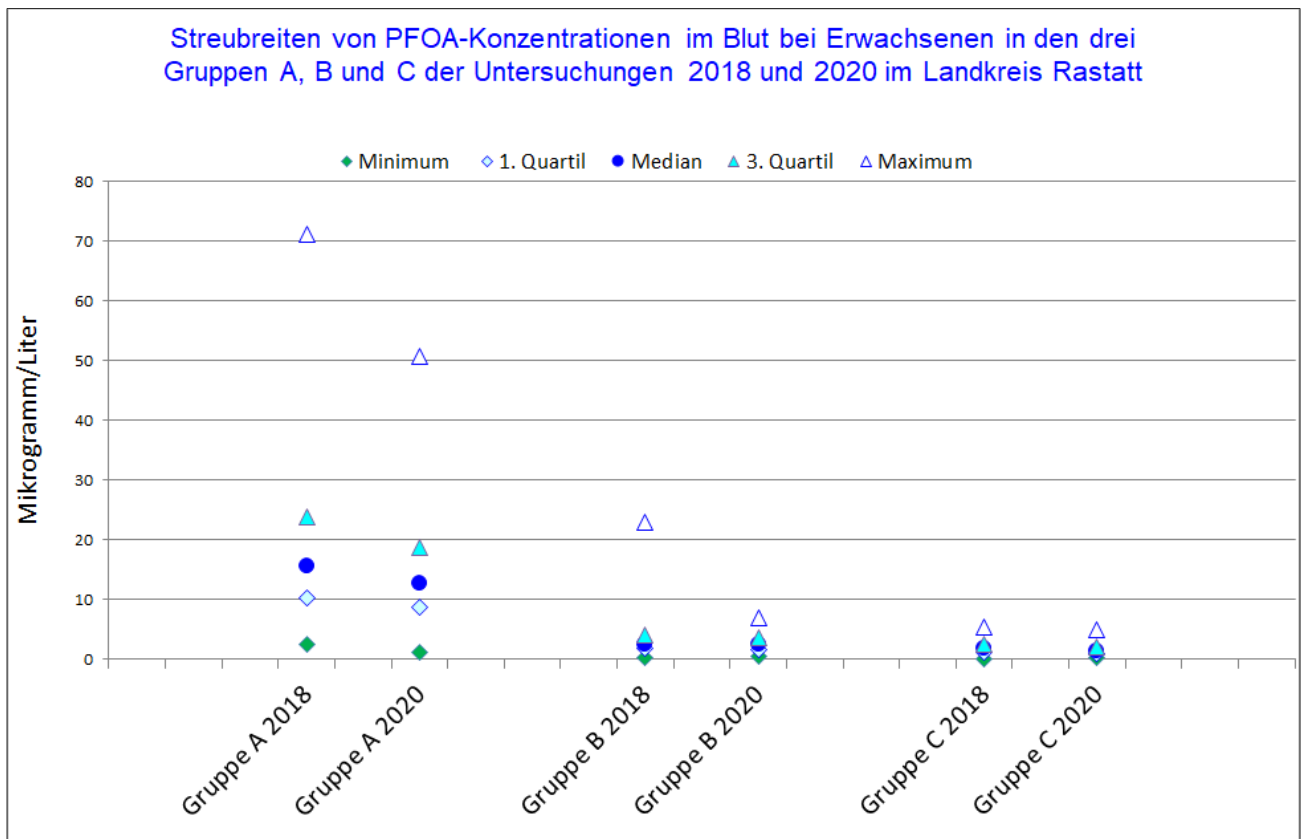


Ergebnisse der PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2020



Im Auftrag des Ministeriums für Soziales, Gesundheit und Integration
Baden-Württemberg



Ergebnisse der PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2020

Im Auftrag des Ministeriums für Soziales, Gesundheit 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 ·
www.gesundheitsamt-bw.de

Ansprechpartnerin:

Prof. Dr. Iris Zöllner

Tel. 0711 904-39511 · iris.zoellner@rps.bwl.de

August 2021



Projektleitung: Prof. Dr. Iris Zöllner

Bericht: Iris Zöllner, Rainer Brosch (LGA BW) und Prof. Dr. Thomas Göen (IPASUM Erlangen)

Im Auftrag des Ministeriums für Soziales, Gesundheit und Integration Baden-Württemberg

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“
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 (bis 2020)
Jens Nottermann	Regierungspräsidium Karlsruhe, Stabsstelle PFC
Dr. Gottfried Roller	Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (seit 2021)
Dr. Peter Schäfer	Fachbereich Gesundheit, Mannheim
Dr. Eva Schultz	Gesundheitsamt, Landratsamt Rastatt (seit 2020)
Dr. Ulrich Schumann	Bürgerinitiative „Sauberes Trinkwasser für Kuppenheim“
Reiner Söhlmann	Landratsamt Rastatt, Rastatt
Dr. Karlin Stark	Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (bis 2020)
Dr. Thilo Walker	Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration Baden-Württemberg, Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund der Untersuchung.....	5
1.1	Ausgangssituation.....	5
1.2	Bewertungsgrundlagen – HBM-Werte, Referenzwerte und BAT-Werte.....	7
2	Untersuchungsplan und Methodik.....	9
2.1	Ziele der Untersuchung.....	9
2.2	Untersuchungsdesign	10
2.3	Studienpopulation und Ablauf der Untersuchung.....	11
2.4	Zielgrößen der Untersuchung	12
2.5	Labormethoden.....	13
2.6	Statistische Methoden.....	15
3	Ergebnisse.....	16
3.1	Beschreibung der untersuchten Gruppen nach Alter und Geschlecht	16
3.2	Auswertung der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen.....	18
3.2.1	Beschreibung der PFOA-Konzentrationen in den Gruppen A, B und C.....	19
3.2.2	Vergleich der Histogramme der PFOA-Konzentrationen in den drei Gruppen.....	22
3.2.3	Paarvergleiche der PFOA- Konzentrationen in Gruppen A vs. C und B vs. C	24
3.2.4	Vergleich der PFOA- Konzentrationen und -Differenzen von 2018 und 2020	25
3.2.5	PFOA-Konzentrationen im Blutplasma in Abhängigkeit vom früheren Trinkwasserkonsum und von der untersuchten Gruppe.....	42
3.3	Beschreibung weiterer PFC-Konzentrationen in den Gruppen A, B und C	45
3.3.1	Vergleich der PFC-Konzentrationen in den drei Gruppen 2018 und 2020	45
3.3.2	Explorative Paarvergleiche weiterer PFC-Konzentrationen in Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C.....	58
4	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	60
5	Literatur.....	63
6	Anhang	66

1 Hintergrund der Untersuchung

1.1 Ausgangssituation

Im Raum Rastatt und dem Stadtkreis Baden-Baden wurden bis 2008 mit per- und polyfluorierten organischen Verbindungen (PFC, auch PFAS) 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.

Durch die Neufassung der europäischen Trinkwasserrichtlinie, die bis 2023 in die Trinkwasserverordnung umzusetzen ist, werden die zulässigen Konzentrationen nochmals reduziert. Diese Grenzwerte, für die ein Übergangszeitraum von fünf Jahren bis zum 12.01.2026 vorgesehen ist, werden bereits jetzt von den meisten Wasserversorgungsunternehmen eingehalten beziehungsweise es sind derzeit bereits Maßnahmen in der Ausführung, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden.

In den Jahren 2015 und 2016 wurden bei einigen Personen aus dem betroffenen Gebiet Blutkonzentrationen von Perfluorooctansäure (PFOA) zwischen 12 und 64 Mikrogramm pro Liter gemessen. Da im Rahmen dieser von der Bürgerinitiative „Sauberes Trinkwasser für Kuppenheim e.V.“ in Auftrag gegebenen Blutuntersuchungen auf PFC zunächst nur 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.

Das Landesgesundheitsamt wurde deshalb vom Ministerium für Soziales, Gesundheit 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 abgestimmt und konsentiert.

Eine Beurteilung im Hinblick auf mögliche Folgen für die Gesundheit erfolgt in diesem Bericht anhand der von der Kommission Human-Biomonitoring (HBM-Kommission) des Umweltbundesamtes festgelegten HBM-I- und HBM-II-Werte für PFOA und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Die Festlegung dieser Werte erfolgte hauptsächlich anhand von Daten aus epidemiologischen Beobachtungsstudien, die zwar Hinweise auf mögliche Zusammenhänge liefern können, einen Nachweis kausaler Beziehungen stellen sie jedoch in den meisten Fällen nicht dar.

Die HBM-Kommission hat deshalb in Ihrer Publikation zu den HBM-II-Werten für PFOA und PFOS die folgende Zusatzinformation formuliert [1]:

"Das Signal, das die derzeit geltende Definition von HBM-II-Werten gibt, wonach für die jeweils betroffene Person grundsätzlich ‚akuter Handlungsbedarf‘ zur Reduktion der Belastung besteht und eine umweltmedizinische Betreuung (Beratung) zu veranlassen ist, kann für die hier festgelegten Werte deshalb nur eingeschränkt gelten. Dessen war sich die HBM-Kommission bewusst. Sie wollte dennoch mit der Festlegung dieser Werte Orientierungspunkte für erforderliche bevölkerungsbezogene Maßnahmen setzen. In der nächsten Berufungsperiode der Kommission ist beabsichtigt, die Definition und Ableitung der HBM-Werte erneut zu diskutieren."

In Bezug auf Überschreitungen der HBM-II-Werte für PFOA und PFOS schreibt die HBM-Kommission:

"Bei Messwerten oberhalb der HBM-II-Werte besteht Grund zur Besorgnis, da als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigungen grundsätzlich möglich sind. Es muss aber nicht unbedingt bei solchen Konzentrationen zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung kommen. Den Betroffenen sollte deshalb eine umweltmedizinische Betreuung bzw. Beratung, gegebenenfalls auch eine längerfristige Beobachtung mit Überprüfung des Messwertes, angeboten werden. Die weitere Belastung sollte durch Beseitigung von spezifischen Expositionsquellen, soweit diese erkennbar sind, umgehend vermindert werden. Der Bereich oberhalb vom HBM-II-Wert ist somit als Interventionsbereich zu betrachten [3] Im Rahmen einer erstmaligen Bestimmung der PFOA- oder PFOS-Konzentrationen im Blut sollte bei Überschreitung des HBM-II-Wertes für PFOA oder PFOS zunächst eine Kontrollmessung vorgenommen werden. Zusätzlich wird empfohlen, mögliche Expositionsquellen der Betroffenen für PFOA und PFOS zu erfassen und ggf. konsequent zu reduzieren. Diese umfassen neben einer beruflichen PFAS-Exposition nach derzeitigem Kenntnisstand vor allem die Aufnahme von Trinkwasser oder Nahrungsmitteln mit erhöhten PFOA- oder PFOS-Konzentrationen (z.B. Fisch aus kontaminierten Gewässern). Die HBM-Kommission sieht derzeit keinen Anlass, bei Überschreitungen des HBM-II-Wertes ohne Vorliegen weiterer Risikofaktoren oder Vorerkrankungen die Bestimmung klinisch-chemischer Messgrößen zu empfehlen. Versuche, die Ausscheidung der Verbindungen PFOA oder PFOS zu beschleunigen, sollten aufgrund fehlender geeigneter Methoden und mangels medizinischer Begründung unterbleiben." [1]

Vor diesem Hintergrund sind die im Folgenden dargestellten Laborergebnisse zu PFOA und PFOS seit 2020 zu interpretieren und zu bewerten.

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 keine Referenzwerte (RV95) und keine Humanbiomonitoring-Werte vor.

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

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

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 folgende HBM-I-Werte festgelegt: für PFOA 2 Mikrogramm/Liter Blutplasma und für PFOS 5 Mikrogramm/Liter Blutplasma (siehe „HBM-I-Werte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in Blutplasma - Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt 2016 (59) S. 1364)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/hbm_i_values_for_pfoa_and_pfos.pdf

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 grundsätzlich möglich ist. Bezüglich der Überschreitung von HBM-II-Werten für PFOA- und PFOS hat die HBM-Kommission noch den folgenden Zusatz formuliert: "Es muss aber nicht unbedingt bei solchen Konzentrationen zu gesundheitlichen Beeinträchtigung kommen (HBM-Kommission, 2020 [1]).

Die Kommission Human-Biomonitoring am Umweltbundesamt hat für PFOA und PFOS folgende HBM-II-Werte festgelegt: 10 Mikrogramm/Liter Blutplasma (PFOA) und 20 Mikrogramm/Liter Blutplasma (PFOS). Für Frauen im gebärfähigen Alter liegen die HBM-II-Werte für PFOA bei 5 Mikrogramm/Liter Blutplasma und für PFOS bei 10 Mikrogramm/Liter [1]

Was bedeutet eine Überschreitung von HBM-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.

Bei einer Überschreitung des HBM-II-Wertes wird empfohlen, eine Kontrollmessung vorzunehmen und gegebenenfalls spezifische Expositionsquellen zu erfassen und zu reduzieren, soweit diese erkennbar sind. Die Reduzierung der früheren Exposition über das Trinkwasser ist bereits vor mehreren Jahren erfolgt. Die im Rahmen dieser Blutkontrolluntersuchungen bereits durchgeführten und noch vorgesehenen Messungen sollen die Entwicklung der PFC-Werte bei früher exponierten Personen zeigen und im Vergleich zu anderen Untersuchungsgruppen dokumentieren. Laut HBM-Kommission besteht "kein Anlass, bei Überschreitungen des HBM-II-Wertes ohne Vorliegen weiterer Risikofaktoren oder Vorerkrankungen die Bestimmung klinisch-chemischer Messgrößen zu empfehlen. Versuche, die Ausscheidung der Verbindungen PFOA oder PFOS zu beschleunigen, sollten aufgrund fehlender geeigneter Methoden und mangels medizinischer Begründung unterbleiben." [1]

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 (häufig 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 [4].

Die Referenzwerte spiegeln die Hintergrundbelastung in der Allgemeinbevölkerung wider, die keiner beruflichen Schadstoffexposition ausgesetzt ist. 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 festgelegt und beruhen auf Daten aus dem Zeitraum 2003-2007. Die Referenzwerte liegen für PFOA bei 10 Mikrogramm/Liter Blutplasma und für PFOS bei 20 Mikrogramm/Liter Blutplasma (Frauen) bzw. bei 25 Mikrogramm/Liter Blutplasma (Männer) [4] [26].

Was bedeutet eine Überschreitung von Referenzwerten bei PFOA und PFOS?

Da es sich bei Referenzwerten für chemische Stoffe in einem Körpermedium (z. B. im Blut oder Urin) im Allgemeinen um rein statistisch definierte Werte handelt (siehe oben), die die Konzentration dieser Stoffe im betreffenden Körpermedium für eine untersuchte Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung beschreiben, kommt diesen Werten per se noch 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.

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 [6] und unter: Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, MAK- und BAT-Werte-Liste 2020, Mitteilung 56, Deutsche Forschungsgemeinschaft, German Medical Science, 2020, Düsseldorf http://www.dfg.de/dfg_profil/gremien/senat/arbeitsstoffe/index.html bzw. https://series.publisso.de/sites/default/files/documents/series/mak/lmbv/Vol2020/Iss1/Doc001/mbwl_2020_deu.pdf).

Die BAT-Werte liegen für PFOA liegen bei 5 Milligramm/Liter Blutplasma (d.h. bei 5000 Mikrogramm/Liter) und für PFOS bei 15 Milligramm/Liter Blutplasma.

2 Untersuchungsplan und Methodik

2.1 Ziele der Untersuchungen 2018 und 2020

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 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 und 2020 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?

Wie haben sich die PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 bis 2020 verändert?

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 Untersuchung fand im Jahr 2018 statt, die zweite Untersuchung im Jahr 2020. Eine weitere Untersuchung ist im Jahr 2023 geplant, um die weitere zeitliche Entwicklung der PFC-Konzentrationen im Blut der an der Untersuchung teilnehmenden Personen beschreiben und einschätzen zu können.

Als Studienpopulation in den drei Gruppen waren 2018 und 2020 vorgesehen:

Gruppe A:

zufällig ausgewählte Personen aus Orten, die vor 2014 einer Exposition über Trinkwasser ausgesetzt waren,

Gruppe B:

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

Gruppe C:

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, 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 2018 zufällig aus den jeweiligen Einwohnermelderegistern ausgewählte Personen zur Untersuchung eingeladen. Im Jahr 2020 wurden alle Personen, die 2018 an der Blutkontrolluntersuchung teilgenommen hatten, erneut um ihre Teilnahme gebeten. Um Teilnahmeausfälle auszugleichen, wurden 2020 aus den Einwohnermelderegistern der oben genannten Orte erneut Zufallsstichproben gezogen, so dass weitere zufällig ausgewählte Personen zur Teilnahme an der Blutkontrolluntersuchung eingeladen werden konnten, um die angestrebten Teilnehmerzahlen erreichen zu können.

Bedingt durch Lockdown-Maßnahmen war der mögliche Untersuchungszeitraum im Jahr 2020 für die zweite Blutkontrolluntersuchung sehr stark eingeschränkt.

2.3 Studienpopulation und Ablauf der Untersuchung 2020

Als Untersuchungskollektiv waren auch 2020 pro Gruppe etwa 100 Personen vorgesehen. Während der COVID-19-Pandemie und damit verbundenen Präventionsmaßnahmen konnte diese Anzahl nur in der Gruppe A erreicht werden, in den beiden anderen Gruppen lag die Zahl der 2020 untersuchten Personen darunter. Die Untersuchungszahlen waren jedoch für die Bestimmung der Mediane und anderer Quartile pro Gruppe ausreichend, um relevante Unterschiede zwischen den Gruppen zu beschreiben und darzustellen. Die Teilnahme an der Untersuchung erfolgte freiwillig.

Die Gemeinden für die Auswahl potentieller Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden vor Beginn der Untersuchung nach geeigneten Kriterien bezüglich der Exposition für die Gruppen A, B und C (s. oben) ausgewählt. Die Zustimmung der ausgewählten Gemeinden zur Ziehung der Zufallsstichproben aus den Einwohnermelderegistern wurde schriftlich eingeholt. Die ausgewählten Personen sollten seit mindestens zehn Jahren im jeweiligen Untersuchungsort wohnen. Das Alter der ausgewählten Personen sollte zwischen 30 und 60 Jahren liegen. Durch die Zufallsauswahl wurden repräsentative Stichproben angestrebt, da

die Untersuchungsergebnisse auf die entsprechenden Bevölkerungsgruppen übertragbar sein sollten.

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 Untersuchung mit den Fragebögen per Post versandte und bei Teilnahmebereitschaft die Termine zur Blutabnahme organisierte.

Die Abnahme der Blutproben erfolgte durch Mitarbeiterinnen des Gesundheitsamtes Rastatt. Die Proben wurden an das Landesgesundheitsamt geschickt, wo die Aliquotierung, d.h. die Aufteilung der Proben in die Teilmengen für die Laboranalysen und die Rückstellproben, und der Versand an das Labor in Erlangen erfolgte.

Im Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin (IPASUM) der Universität Erlangen-Nürnberg wurden die Analysen der Proben und die Bestimmung der im Untersuchungsplan festgelegten Laborparameter durchgeführt.

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

2.4 Zielgrößen der Untersuchung

Die Untersuchung umfasste Laboranalysen zu PFC-Konzentrationen im Blutplasma auf folgende zwölf Zielgrößen:

- Perfluoroktansäure (PFOA) als Primärvariable

sowie als weitere Laborparameter (Sekundärvariablen):

- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS),
- Perfluorpentansäure (PFPeA),
- Perfluorhexansäure (PFHxA),
- Perfluorheptansäure (PFHpA),
- Perfluorononansäure (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.

Um mögliche Irritationen oder Verwechslungen zu vermeiden, wird in diesem Bericht weiter die bisher im Rahmen der Blutkontrolluntersuchungen verwendete Abkürzung PFC als Sammelbezeichnung von per- und polyfluorierten Verbindungen beibehalten. Inzwischen findet man auch in der deutschsprachigen Literatur häufig die Abkürzung PFAS anstelle von PFC. Das Akronym PFAS steht für per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (*engl.: per- and polyfluoroalkyl substances*).

Als Haupteinflussgrößen wurden die von den Mitarbeiterinnen des Gesundheitsamtes im Wohnortprotokoll erhobenen Angaben zur Gruppe (über die Wohnortangabe am Untersuchungstag) und die Fragebogenangaben der Teilnehmenden zum häuslichen Trinkwasserkonsum betrachtet und untersucht.

2.5 Labormethoden

Die Analysen der Blutproben erfolgten auch 2020 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.

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).

Tabelle 1: Liste der in der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt vom Labor bestimmten Parameter mit den jeweiligen Bestimmungsgrenzen von 2020 (LOQ: limit of quantification) und Präzisionsangaben

Laborparameter	Bestimmungsgrenze Limit of quantification (LOQ)	Präzision (%) von Tag zu Tag
Primärvariable:		
Perfluoroktansäure (PFOA)	0,1 Mikrogramm/Liter	8,4
Sekundärvariablen:		
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0,1 Mikrogramm/Liter	5,3
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,3 Mikrogramm/Liter	12,2
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,3 Mikrogramm/Liter	8,7
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,1 Mikrogramm/Liter	6,1
Perfluorononansäure (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

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 Fragen, soweit diese anhand der vorliegenden Daten möglich war.

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

Der vorgesehene 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.

Die in der ersten Untersuchung durchgeführten Auswertungen unter Ausschluss von Personen in den Gruppen B und C, die einer möglichen Exposition über Trinkwasser am Arbeitsort ausgesetzt gewesen sein könnten, erbrachten keine wesentlich anderen Ergebnisse, als die Auswertungen mit allen Teilnehmenden. Aus diesem Grund wurde in der Untersuchung 2020 auf die zusätzlichen Auswertungen mit Ausschlüssen in den Gruppen B und C verzichtet.

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.

Im Sinne eines explorativen Vorgehens wurden bei den anderen Laborparametern zweiseitige Gruppenvergleiche (Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C) mit dem WILCOXON-MANN-WHITNEY-U-Test durchgeführt, wobei die Aussagekraft dieser Tests von vornherein als begrenzt anzusehen ist, da bei der Vielzahl der Vergleiche auch zufallsbedingte ("falsch-positive") Ergebnisse zu erwarten waren.

Mit 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 meisten Antworten relativ gering und die Besetzungen der oberen und unteren Antwortkategorien zu klein für belastbare geschichtete Auswertungen getrennt nach den drei Gruppen.

Von besonderem Interesse war bei der zweiten Untersuchung der Vergleich der PFOA-Konzentrationen aus den Jahren 2018 und 2020. Dazu wurden die Ergebnisse aus beiden Jahren in mehreren statistischen Analysen untersucht:

- a) Vergleich der Mediane, Quartile und Extremwerte **aller PFOA-Werte von 2018 und 2020** getrennt nach Untersuchungsgruppen ergab die folgenden Ergebnisse zur Veränderung der PFOA-Konzentrationen in den drei Gruppen,
- b) Vergleich der **Mediane**, Quartile und Spannweiten **der PFOA-Werte von den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben**, getrennt nach Untersuchungsgruppen,
- c) Vergleich der **PFOA-Einzelwerte von den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben**, und Analyse der **PFOA-Einzeldifferenzen** bei diesen Personen
- d) Vergleich der **relativen PFOA-Differenzen** jeweils bezogen auf die PFOA-Konzentration von 2018 bei den **Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben**.

3 Ergebnisse

Das Landesgesundheitsamt hat die Laborergebnisse im Hinblick auf die Untersuchungsfragen und dem Analyseplan entsprechend vor allem in Abhängigkeit von der untersuchten Gruppe analysiert und die im Folgenden dargestellten Ergebnisse gefunden. Die Auswertungen erfolgten wie vorgesehen mit Schwerpunkt auf den Laborergebnissen zu PFOA im Blutplasma (Hauptzielparameter).

Neben der Abhängigkeit von der Gruppe wurde eine geschichtete Analyse der PFOA-Werte nach der früheren häuslichen Trinkwassermenge getrennt für die drei Gruppen A, B und C durchgeführt. Für weitere geschichtete Analysen lagen die Besetzungszahlen in den primär interessanten Antwortkategorien (d.h. in den niedrigsten und höchsten Antwortausprägungen) meist 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 der geringen Aussagekraft auf weitergehende geschichtete Analysen verzichtet.

3.1 Beschreibung der untersuchten Gruppen nach Alter und Geschlecht

An der zweiten Blutkontrolluntersuchung im Jahr 2020 haben insgesamt 249 Personen teilgenommen. Davon gehörten 101 Personen zur Gruppe A mit Wohnorten in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, 79 Personen zur Gruppe B (Wohnorte in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung, Sinzheim-Schiftung) und 69 Personen zur

Gruppe C (Wohnorte in Bietigheim, Durmersheim, Ötigheim, Steinmauern, Au, Elchesheim-Illingen). Wegen der durch die SARS-CoV-2-Pandemie bedingten Maßnahmen war der Zeitraum für die Durchführung der Untersuchung im Landkreis Rastatt sehr begrenzt, weshalb die Teilnehmerzahlen im Jahr 2020 unter denen im Jahr 2018 blieben. Die Rahmenbedingungen im Jahr 2020 hatten wahrscheinlich auch Einfluss auf die Bereitschaft zur wiederholten Teilnahme bei den Personen, die an der ersten Untersuchung teilgenommen hatten.

An beiden Untersuchungen 2018 und 2020 haben 75 Personen aus der Gruppe A teilgenommen, 62 Personen aus der Gruppe B und 47 Personen aus der Gruppe C. Die "Wiederteilnahmequoten" lagen damit bei 75/120 (63 %) in Gruppe A, 62/137 (45 %) in Gruppe B, 47/91 (52 %) in Gruppe C und insgesamt bei 184/348 (53 %). Um die Teilnahmeausfälle wenigstens zum Teil auszugleichen, wurden zur Untersuchung 2020 weitere zufällig ausgewählte Personen aus den Untersuchungsorten zur Teilnahme eingeladen. Diese Einladung haben 65 Personen angenommen (vgl. Tabelle 2), so dass 2020 insgesamt $184 + 65 = 249$ Blutproben zur Untersuchung vorlagen.

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Anzahl der untersuchten Personen in den drei Untersuchungsgruppen 2020 und 2018, sowie die jeweilige Anzahl von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben. Die Tabellen 3 und 4 geben einen Überblick über die Verteilung der 2020 untersuchten Personen nach Geschlecht und Alter.

Tabelle 2: Anzahl (N_{2020}) der Personen in den Gruppen A, B und C, die an der Untersuchung 2020 teilgenommen haben, Anzahl ($N_{2020 \text{ und } 2018}$) der Personen, die an beiden Untersuchungen 2018 und 2020 teilgenommen haben, sowie Anzahl (N_{2018}) der Personen, die an der ersten Untersuchung 2018 teilgenommen haben.

	N_{2020}	$N_{2018 \text{ und } 2020}$	N_{2018}
Gruppe A	101	75	120
Gruppe B	79	62	137
Gruppe C	69	47	91
insgesamt	249	184	348

Bei der Planung der Blutkontrolluntersuchungen im Landkreis Rastatt wurden eventuelle Teilnahmeausfälle, die im Rahmen einer Kohortenstudie auftreten können, berücksichtigt, so dass die 2020 in den drei Untersuchungsgruppen zur Verfügung stehenden Blutproben

ausreichend sind, um die Zielparameter (Mediane, 1. und 3. Quartile) mit einer entsprechenden Datenbasis und ausreichenden Beobachtungszahlen zu schätzen.

Tabelle 3: Geschlechtsverteilung der Personen, die an der Untersuchung 2020 teilgenommen haben, in den Gruppen A, B und C

Geschlecht	männlich (%)	weiblich (%)
Gruppe A	39 (39)	62 (61)
Gruppe B	33 (42)	46 (58)
Gruppe C	22 (32)	47 (68)
insgesamt	94 (38)	155 (62)

Tabelle 4: Verteilung der 2020 untersuchten Personen in den Gruppen A, B und C nach Alter

Alter	Gruppe A n (%)	Gruppe B n (%)	Gruppe C n (%)
30-40 Jahre	11 (11)	6 (8)	4 (6)
41-50 Jahre	20 (20)	19 (24)	14 (20)
51-60+ Jahre	70 (69)	54 (68)	51 (74)
insgesamt	101	79	69

3.2 Auswertung der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma nach Gruppen

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

Wie hoch ist die interne PFOA-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 PFOA-Konzentrationen in den drei Gruppen im Vergleich aus?

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

Wie haben sich die PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 bis 2020 verändert?

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.

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

Dieser Abschnitt enthält die Ergebnisse der Auswertungen zu Verteilungsparametern der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma der im Jahr 2020 untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C im Vergleich zu den Ergebnissen aus der ersten Blutkontrolluntersuchung 2018.

In den folgenden Darstellungen werden die Verteilungen charakterisiert durch Lageparameter (Mediane bzw. zweite Quartile) und Informationen zur Streuung der Einzelwerte: Minima, Maxima, erste und dritte Quartile.

Die Abbildung 1a zeigt die Ergebnisse der Auswertungen mit allen 348 Personen, die 2018 untersucht wurden, im Vergleich zur Auswertung mit allen 249 Personen, die 2020 untersucht wurden, jeweils getrennt nach den Gruppen A, B und C. Die Abbildung 1b zeigt die Ergebnisse von 2018 und 2020 für die 184 Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, ebenfalls getrennt nach den Gruppen A, B und C.

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 U1 (alle TN 2018)	2,5	10,2	15,6	23,8	71,2
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	1,1	8,7	12,7	18,6	50,6
Gruppe A U1 TN2020+2018	4,1	11,0	15,8	23,4	71,2
Gruppe A U2 TN2020+2018	3,0	8,7	13,6	20,5	50,6
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,2	1,8	2,5	4,0	23,0
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,5	1,6	2,4	3,6	7,0
Gruppe B U1 TN2020+2018	0,6	1,9	2,8	4,2	7,8
Gruppe B U2 TN2020+2018	0,5	1,7	2,5	3,7	7,0
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,1	1,2	1,7	2,4	5,4
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,3	1,0	1,4	2,1	5,0
Gruppe C U1 TN2020+2018	0,9	1,3	1,9	2,7	5,0
Gruppe C U2 TN2020+2018	0,5	1,0	1,8	2,4	4,2

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

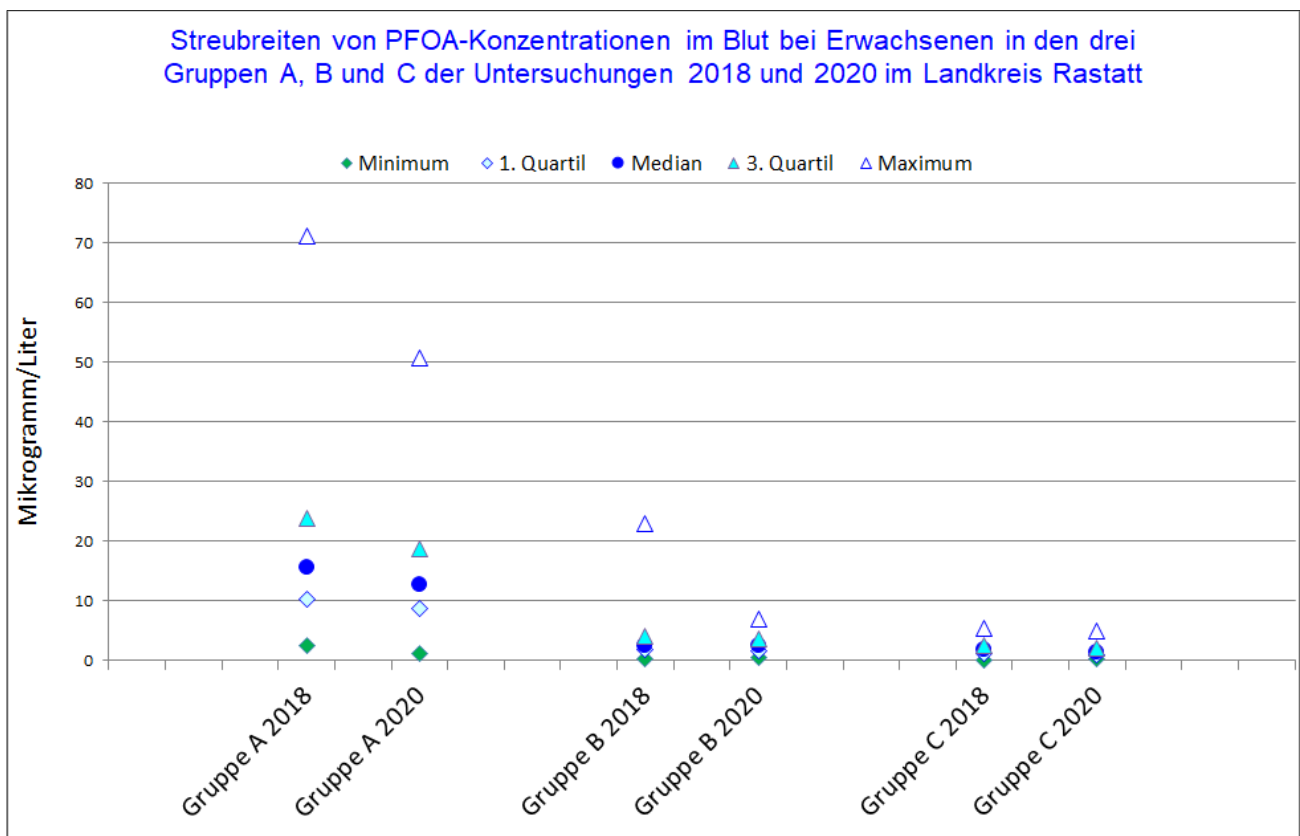


Abbildung 1a: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 und 2020 untersuchten Personen aus drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Iltingen, Ötigheim oder Steinmauern; 1a – alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer 2018 und 2020, 1b – nur Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben.

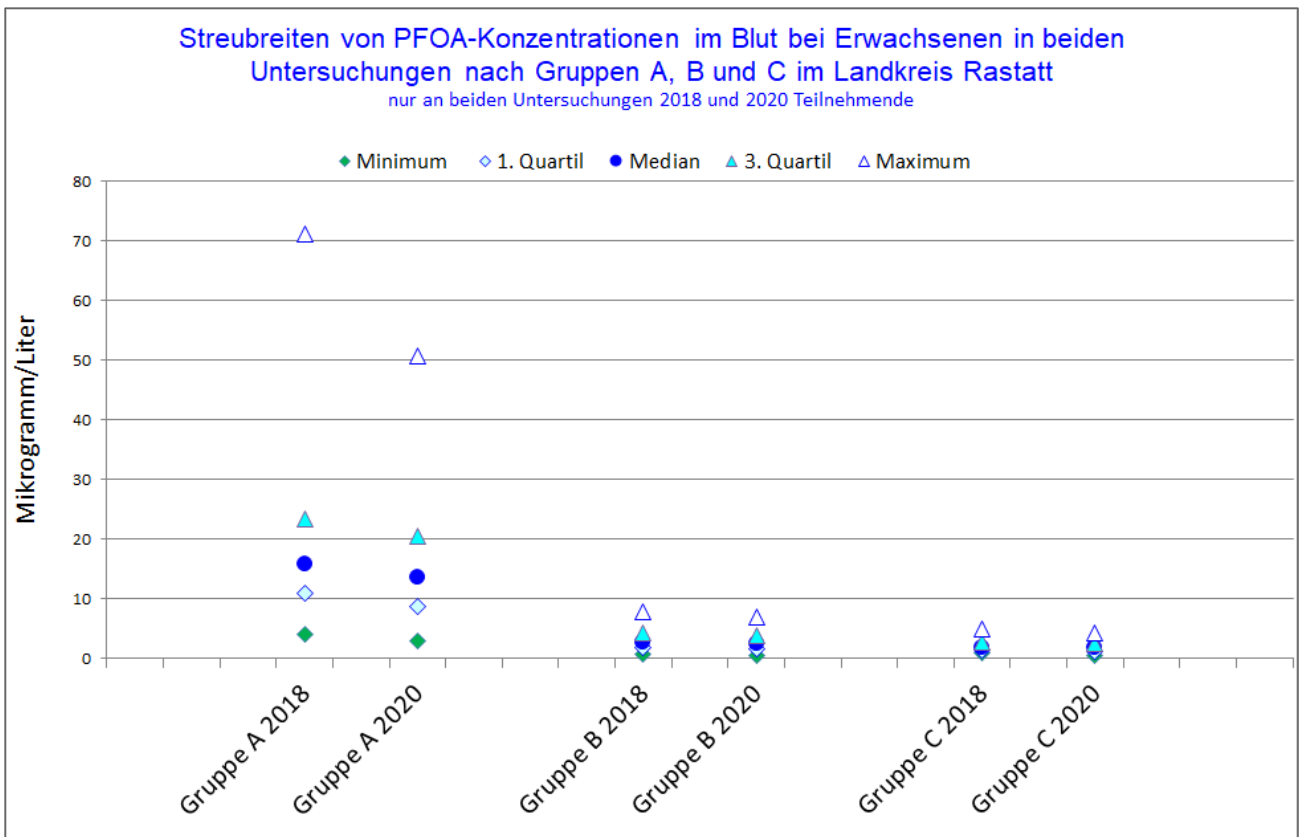


Abbildung 1b: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 und 2020 untersuchten Personen aus drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern; 1a – alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer 2018 und 2020, 1b – nur Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben.

Wie hoch war 2020 die interne PFOA-Belastung in den drei Gruppen?

Bei den im Jahr 2020 untersuchten Personen aus Orten mit einer früheren PFC-Belastung über das Trinkwasser (Gruppe A) lag die mediane Konzentrationen von PFOA im Blutplasma 2020 bei 12,7 Mikrogramm pro Liter. In der Gruppe B lag der Median 2020 bei 2,4 Mikrogramm pro Liter, in der Gruppe C bei 1,4 Mikrogramm pro Liter.

Damit lagen die PFOA-Konzentrationen 2020 in der Gruppe A im Mittel etwa zehn Mikrogramm pro Liter höher als bei Personen aus der Gruppe B und etwa elf Mikrogramm pro Liter höher als bei Personen aus der Gruppe C. Im Jahr 2018 lagen die Differenzen der Mediane der Gruppe A zu den beiden anderen Gruppen noch bei 13 Mikrogramm pro Liter bzw. 14 Mikrogramm pro Liter. Der Unterschied zwischen den Medianen der PFOA-Werte in den Gruppen B und C lag 2020 wie 2018 bei einem Mikrogramm pro Liter. D.h. Personen aus Orten mit einer möglichen Exposition über Belastungen im Boden und Grundwasser, ohne Exposition über Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung (Gruppe B), hatten PFOA-Konzentrationen im Blutplasma, die im Mittel um etwa ein Mikrogramm pro Liter höher lagen als in der Kontrollgruppe C.

In der Gruppe A sind die PFOA-Konzentrationen seit 2018 im Mittel um zwei bis drei Mikrogramm pro Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 18 % der medianen PFOA-Konzentration von 2018. In den beiden anderen Gruppen B und C lagen die PFOA-Werte schon 2018 insgesamt deutlich niedriger, und der mittlere Rückgang der PFOA-Werte seit 2018 betrug in beiden Gruppen 0,3 Mikrogramm pro Liter. Das entspricht 12 % der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in der Gruppe B bzw. 18 % in der Gruppe C.

3.2.2 Vergleich der Histogramme der PFOA-Konzentrationen in den drei Gruppen

Zur näheren Betrachtung der Verteilungen werden in diesem Abschnitt die Histogramme der PFOA-Werte getrennt nach den drei Untersuchungsgruppen A, B und C dargestellt. Ein Histogramm ist eine graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung von Beobachtungswerten einer gemessenen Größe. Die x-Achse (Abszisse) zeigt dabei den Wertebereich der gemessenen Größe, unterteilt in Intervalle. Auf der y-Achse (Ordinate) sind die relativen Häufigkeiten der Beobachtungswerte in den einzelnen Intervallen bezogen auf den jeweiligen Gesamtstichprobenumfang – in Prozent – ablesbar und in Form von Balken in entsprechender Höhe über den Intervallen dargestellt. Da die Werte bei einer gemessenen Größe meist kontinuierlich verteilt sind, werden im Histogramm die Balken über den jeweiligen Intervallen ohne Zwischenabstand dargestellt (siehe in Abbildung 11 a, b und c).

Histogramme der PFOA-Werte 2020 nach Gruppen

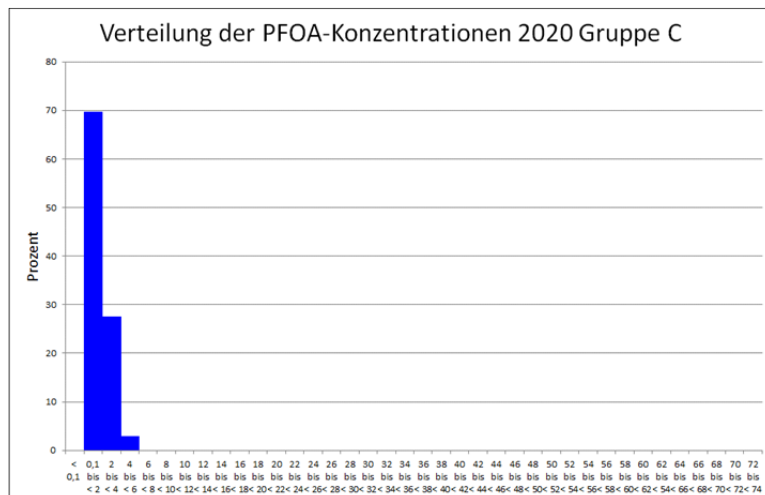
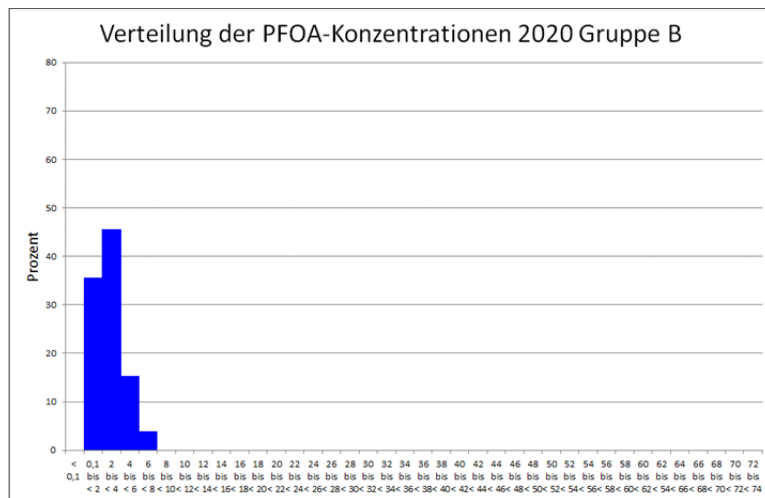
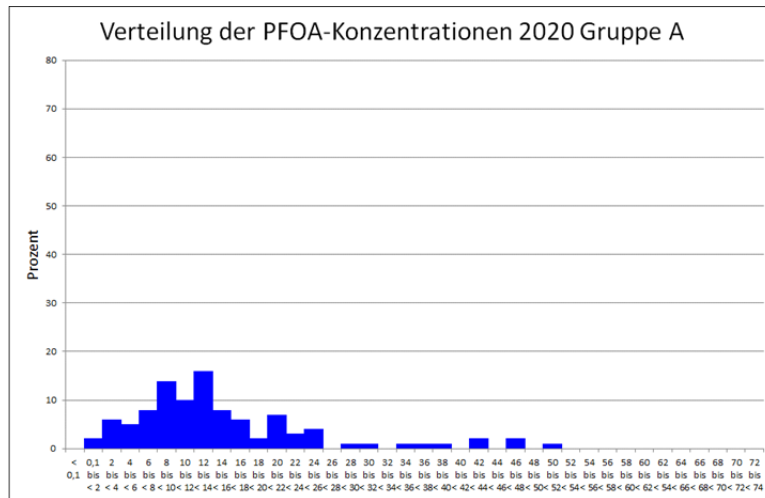


Abbildung 2a, 2b und 2c: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (2a – Gruppe A, 2b – Gruppe B, 2c – Gruppe C), Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

Um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen A, B und C zu ermöglichen, wurden bei der Darstellung der Histogramme einheitliche Skaleneinteilungen auf den x-Achsen verwendet.

Auch in den Histogrammdarstellungen zeigt sich der Unterschied zwischen der Verteilung der PFOA-Werte in der Gruppe A und den Verteilungen in den Gruppen B und C (siehe Abbildungen 2a - 2c). Der kleinere Unterschied zwischen den Verteilungen der PFOA-Werte in der Gruppe B und der Gruppe C ist ebenfalls erkennbar, aber deutlich geringer ausgeprägt. Im Anhang 6.5.2 sind zusätzlich die Histogramme der PFOA-Werte in der Gruppe A von 2018 und 2020 gegenübergestellt.

3.2.3 Paarvergleiche der PFOA-Konzentrationen in Gruppen A vs. C und B vs. C

Mit Hilfe des Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests wurden sowohl die PFOA-Werte in der Gruppe A mit denen in der Gruppe C (Kontrollgruppe) verglichen, als auch die PFOA-Werte in der Gruppe B mit denen in der Gruppe C (Kontrollgruppe). Bei beiden Vergleichen ließen sich die Unterschiede zur Kontrollgruppe statistisch sichern, d.h. die PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zeigten auch 2020 eine Abhängigkeit von der untersuchten Gruppe (vgl. Tabellen 6 und 7).

Der Median der PFOA-Werte in Gruppe A war mit 12,7 Mikrogramm/Liter etwa 10 Mikrogramm/Liter höher als der Median in Gruppe B. Der Median in Gruppe B lag bei 2,4 Mikrogramm/Liter, und die Differenz zwischen den Medianen der Gruppen B und C betrug 2020 etwa 1 Mikrogramm/Liter (siehe Tabelle 6). Der niedrigste Median wurde mit 1,4 Mikrogramm/Liter in der Gruppe C beobachtet.

Tabelle 6: Vergleich der Minima, Maxima, **Mediane** und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zwischen den Untersuchungsgruppen **A**, B und C (Auszug aus Tabelle 5)

PFOA-Konzentration (Mikrogramm/Liter)	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A (alle TN 2020)	1,1	8,7	12,7	18,6	50,6
Gruppe B (alle TN 2020)	0,5	1,6	2,4	3,6	7,0
Gruppe C (alle TN 2020)	0,3	1,0	1,4	2,1	5,0

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

d) der vergleichenden Betrachtung der **relativen PFOA-Differenzen** bezogen auf die PFOA-Konzentration von 2018 ($\text{relDelta-PFOA}_{2018-2020}$) **bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben**. Dazu wurden jeweils die individuellen relativen Differenzen aus den PFOA-Werten von 2018 und von 2020 bezogen auf den PFOA-Wert von 2018 (in Prozent) mit folgender Formel berechnet:

$$\text{relDelta-PFOA}_{2018-2020} = (\text{PFOA-Wert}_{2018} - \text{PFOA-Wert}_{2020}) * 100 / \text{PFOA-Wert}_{2018}$$

Die unterschiedlichen Auswertungen sollen dazu dienen, die Entwicklung der PFOA-Werte von 2018 bis 2020 im Hinblick auf mehrere Aspekte ausführlich zu beschreiben, die für die Interpretation von Interesse sein können.

a) Vergleich der Mediane, Quartile und Extremwerte aller PFOA-Werte von 2018 und 2020 getrennt nach Untersuchungsgruppen

Diese vergleichende Betrachtung ergab die folgenden Ergebnisse zur Veränderung der PFOA-Konzentrationen in den drei Gruppen.

Mediane aller PFOA-Werte von 2018 und 2020

In der Gruppe A ist die mediane PFOA-Konzentration seit der ersten Untersuchung 2018 um 2,9 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 19 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018.

In der Gruppe B ist die mediane PFOA-Konzentration seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,1 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 4 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018.

In der Gruppe C ist die mediane PFOA-Konzentration seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,3 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 18 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018.

Erste Quartile aller PFOA-Werte von 2018 und 2020

In der Gruppe A ist das erste Quartil der PFOA-Konzentrationen seit der Untersuchung 2018 um 1,5 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 15 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018.

In der Gruppe B ist das erste Quartil der PFOA-Konzentrationen seit der Untersuchung 2018 um 0,2 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 11 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018.

In der Gruppe C ist das erste Quartil der PFOA-Konzentrationen seit der Untersuchung 2018 um 0,2 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 17 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018.

Dritte Quartile aller PFOA-Werte von 2018 und 2020

In der Gruppe A ist das dritte Quartil der PFOA-Konzentrationen seit der Untersuchung 2018 um 5,2 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 22 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018.

In der Gruppe B ist das dritte Quartil der PFOA-Konzentrationen seit der Untersuchung 2018 um 0,4 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 10 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018.

In der Gruppe C ist das dritte Quartil der PFOA-Konzentrationen seit der Untersuchung 2018 um 0,3 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 12,5 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018.

Minima aller PFOA-Werte von 2018 und 2020

In der Gruppe A ist die minimale PFOA-Konzentration seit der Untersuchung 2018 um 1,4 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 56 Prozent der minimalen PFOA-Konzentration von 2018.

In den Gruppen B und C lagen in der Analyse aller PFOA-Werte von 2018 und 2020 die minimalen PFOA-Konzentrationen in der Untersuchung 2020 höher als die minimalen Konzentrationen 2018, was auf die unterschiedliche Zusammensetzung der teilnehmenden Personen von 2018 und 2020 zurückzuführen ist. Ein Vergleich der Minima der PFOA-Werte von 2018 und 2020 ist daher in dieser Auswertung für die Gruppen B und C wenig aussagekräftig.

Maxima aller PFOA-Werte von 2018 und 2020

In der Gruppe A ist die maximale PFOA-Konzentration seit der Untersuchung 2018 um 20,6 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 29 Prozent der maximalen PFOA-Konzentration von 2018.

In der Gruppe B ist die maximale PFOA-Konzentration seit der Untersuchung 2018 um 16 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 70 Prozent der maximalen PFOA-Konzentration von 2018. Wegen der unterschiedlichen Zusammensetzung der 2018 und 2020 untersuchten Personen ist dieser starke Rückgang hauptsächlich durch Nichtteilnahme von Personen mit etwas höheren PFOA-Werten im Jahr 2018 an der zweiten Untersuchung bedingt. Deshalb ist der Rückgang der maximalen Werte eher anhand der Ergebnisse der Analyse b) zu beurteilen, bei der nur PFOA-Werte der Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, berücksichtigt wurden.

In der Gruppe C ist die maximale PFOA-Konzentration seit der Untersuchung 2018 um 0,4 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 7 Prozent der maximalen PFOA-Konzentration von 2018 in Gruppe C.

b) Vergleich der Mediane, Quartile und Spannweiten der PFOA-Werte von den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, nach Untersuchungsgruppen

Die Analyse der PFOA-Werte von den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen hatten, ergab die folgenden Resultate beim Vergleich von 2018 und 2020 ermittelten PFOA-Konzentrationen im Blutplasma.

Mediane der PFOA-Werte von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A ist die mediane PFOA-Konzentration bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 2,2 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 14 Prozent der medianen PFOA-Konzentration in dieser Gruppe im Jahr 2018.

In der Gruppe B ist die mediane PFOA-Konzentration bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,3 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 11 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C ist die mediane PFOA-Konzentration bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,1 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 5 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

Erste Quartile der PFOA-Werte von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A ist das erste Quartil der PFOA-Konzentrationen von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 2,3 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 21 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B ist das erste Quartil der PFOA-Konzentrationen von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,2 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 11 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C ist das erste Quartil der PFOA-Konzentrationen von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,1 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 5 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

Dritte Quartile der PFOA-Werte von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A ist das dritte Quartil der PFOA-Konzentrationen von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 2,9 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 12 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B ist das dritte Quartil der PFOA-Konzentrationen von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,5 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 12 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C ist das dritte Quartil der PFOA-Konzentrationen von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,3 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 11 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

Minima der PFOA-Werte von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A ist die minimale PFOA-Konzentration von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 1,1 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 27 Prozent der minimalen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B ist die minimale PFOA-Konzentration von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,1 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 17 Prozent der minimalen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C ist die minimale PFOA-Konzentration von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der ersten Untersuchung 2018 um 0,4 Mikrogramm/Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 44 Prozent der minimalen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

Maxima der PFOA-Werte von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A ist die maximale PFOA-Konzentration von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der Untersuchung 2018 um 20,6 Mikrogramm pro Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 29 Prozent der maximalen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B ist die maximale PFOA-Konzentration von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der Untersuchung 2018 um 0,8 Mikrogramm pro Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 10 Prozent der maximalen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C ist die maximale PFOA-Konzentration von Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, seit der Untersuchung 2018 um 0,8 Mikrogramm pro Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 16 Prozent der maximalen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

c) Analyse der PFOA-Einzelwertdifferenzen (Delta-PFOA₂₀₁₈₋₂₀₂₀) von den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, getrennt nach Untersuchungsgruppen

Die vergleichende Betrachtung der PFOA-Einzelwerte von den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, und die Analyse der PFOA-Einzeldifferenzen bei diesen Personen ergab die folgenden Resultate.

Für diese Auswertung wurden jeweils die individuellen Differenzen aus den PFOA-Werten von 2018 und von 2020 mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Delta-PFOA}_{2018-2020} = \text{PFOA-Wert}_{2018} - \text{PFOA-Wert}_{2020}$$

Die Verteilungsparameter diese Differenzen sind in der Tabelle 8 wiedergegeben.

Tabelle 8: DeltaPFOA₂₀₁₈₋₂₀₂₀: Minima, Maxima, Quartile [µg/l] der PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 getrennt nach Untersuchungsgruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Differenz der PFOA-Werte von 2018 und 2020					
Gruppe A TN2020+2018 N=75	-2,5	1,3	2,8	5,5	43,9
Gruppe B TN2020+2018 N=62	-1,4	-0,03	0,3	0,5	1,5
Gruppe C TN2020+2018 N=47	-0,4	0,1	0,3	0,5	1,1

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Mediane der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A beträgt die mediane PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, 2,8 Mikrogramm pro Liter. Das entspricht etwa 18 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B beträgt die mediane PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, 0,3 Mikrogramm pro Liter. Das entspricht etwa 11 Prozent der medianen PFOA-Konzentration von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C beträgt die mediane PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, 0,3 Mikrogramm pro Liter. Das entspricht etwa 16 Prozent der medianen PFOA-Konzentration in dieser Gruppe im Jahr 2018.

[Erste Quartile der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben](#)

In der Gruppe A liegt das erste Quartil der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 1,3 Mikrogramm pro Liter. Das entspricht etwa 12 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B liegt das erste Quartil der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei -0,03 Mikrogramm pro Liter. Das entspricht einer Differenz von -1,5 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe und liegt damit im Bereich der Messunsicherheit (vgl. Tabelle 1).

In der Gruppe C liegt das erste Quartil der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 0,1 Mikrogramm/Liter. Das entspricht etwa 8 Prozent des ersten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

[Dritte Quartile der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben](#)

In der Gruppe A liegt das dritte Quartil der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 5,5 Mikrogramm/Liter. Das entspricht etwa 24 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe B liegt das dritte Quartil der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 0,5 Mikrogramm/Liter. Das entspricht einer Differenz von 12 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

In der Gruppe C liegt das dritte Quartil der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 0,5 Mikrogramm/Liter. Das entspricht etwa 19 Prozent des dritten Quartils der PFOA-Konzentrationen von 2018 in dieser Gruppe.

Minima der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A beträgt die minimale PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, -2,5 Mikrogramm pro Liter. D.h. bei einer Person aus der Gruppe A lag die 2020 im Blutplasma bestimmte PFOA-Konzentration um 2,5 Mikrogramm pro Liter höher als die 2018 beobachtete PFOA-Konzentration. Negative Einzelwertdifferenzen bei der Berechnung von PFOA₂₀₁₈-PFOA₂₀₂₀ ergeben sich, wenn die ermittelte PFOA-Konzentration 2020 höher lag als 2018.

In der Gruppe B lag die minimale PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei -1,4 Mikrogramm/Liter und in der Gruppe C war die minimale PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, gleich -0,4 Mikrogramm pro Liter Blutplasma.

Maxima der PFOA-Einzelwertdifferenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A lag die maximale PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 43,9 Mikrogramm pro Liter.

In der Gruppe B lag die höchste PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 1,5 Mikrogramm/Liter.

In der Gruppe C war die höchste PFOA-Einzelwertdifferenz von 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, gleich 1,1 Mikrogramm pro Liter.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Histogramme der Differenzen zwischen den PFOA-Werten 2018 und 2020.

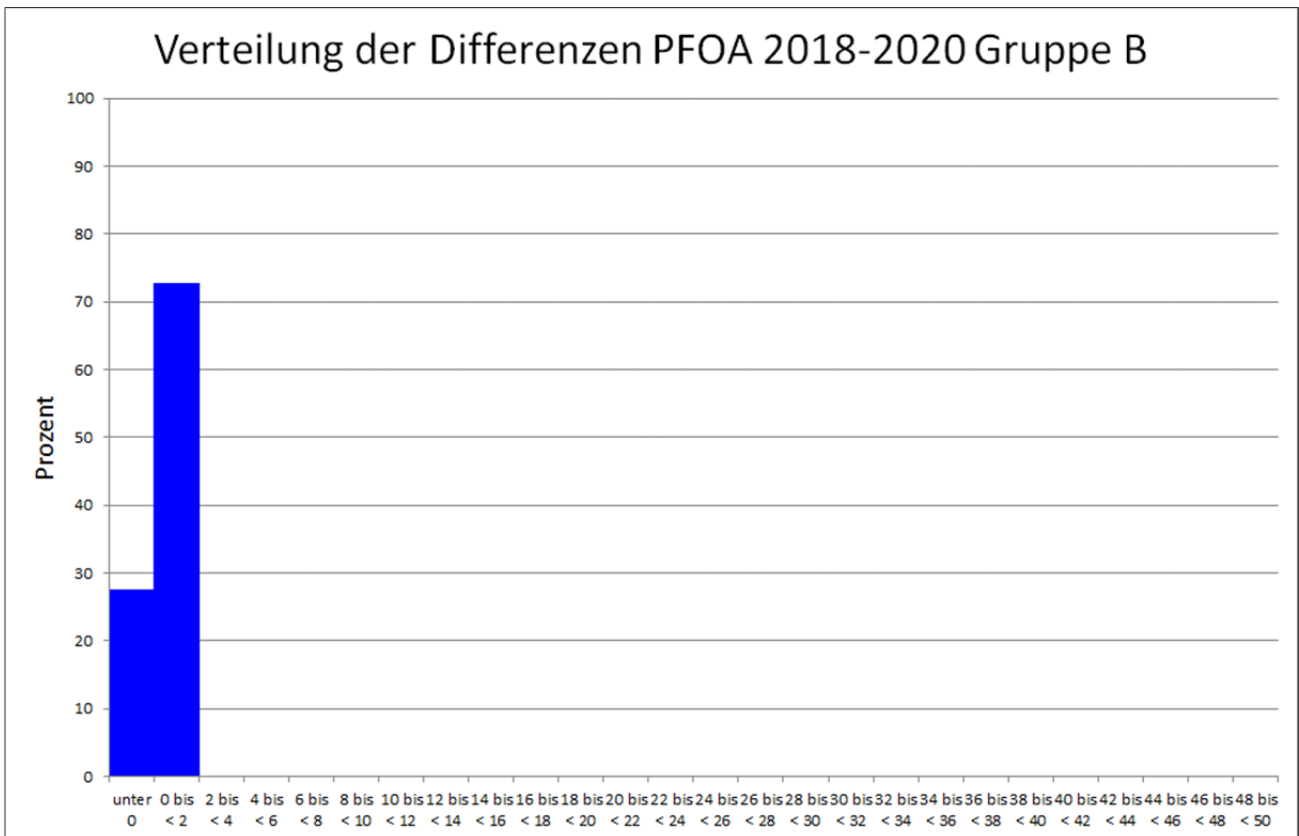
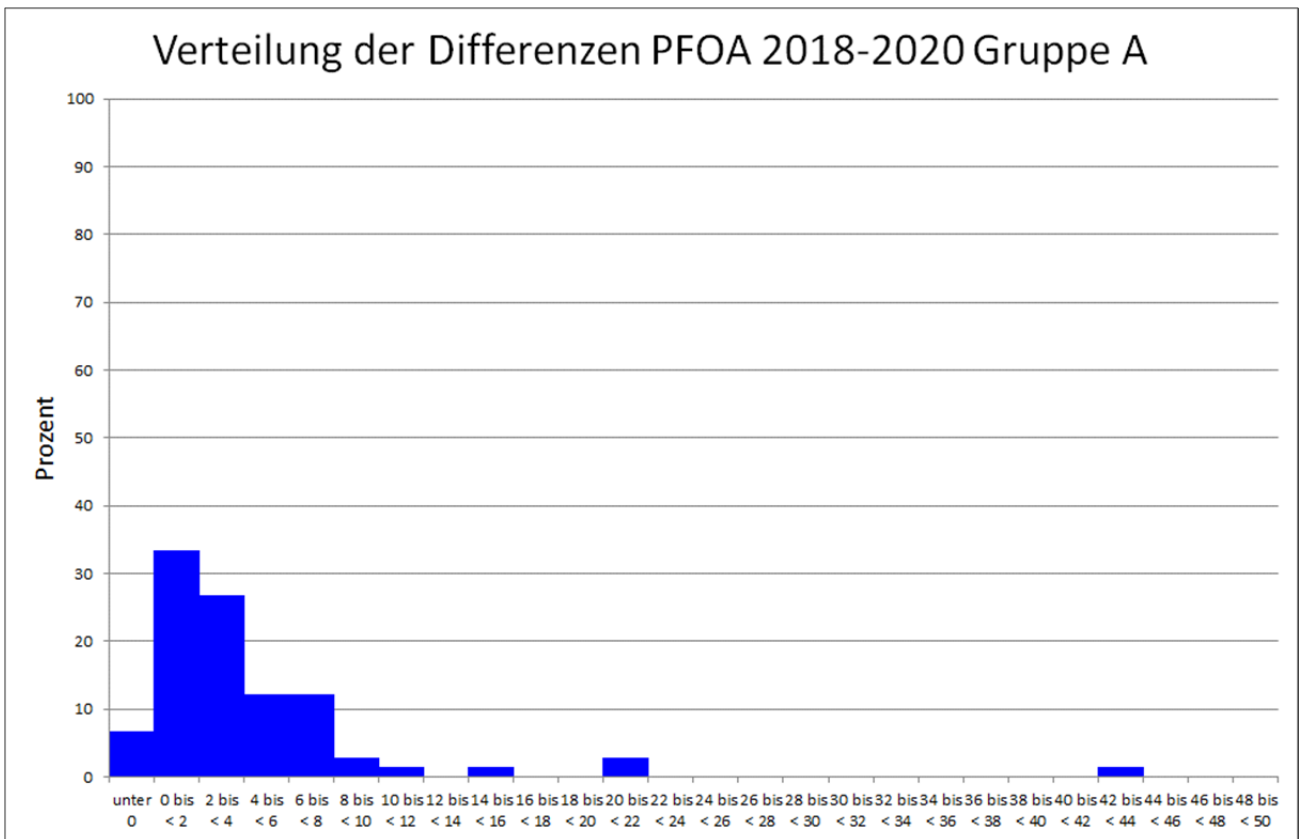


Abbildung 3a und b: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Einzelwertdifferenzen von PFOA2018 - PFOA2020 in Mikrogramm pro Liter getrennt nach Gruppen (3a – Gruppe A, 3b – Gruppe B), Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

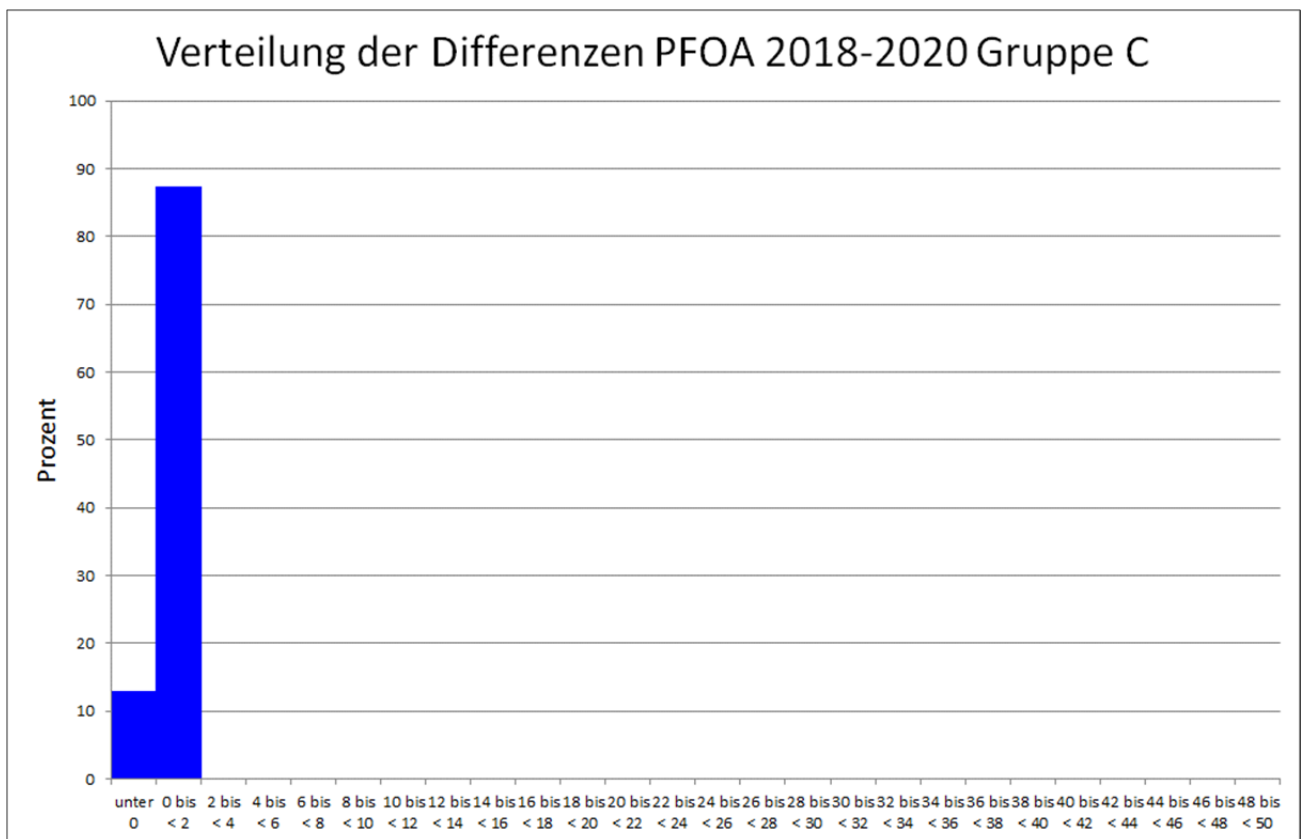


Abbildung 3c: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Einzelwertdifferenzen von PFOA2018 - PFOA2020 in Mikrogramm pro Liter in Gruppe C, Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

Auch die Histogramme der individuellen Differenzen zeigen, dass die höchsten absoluten Änderungen in der Gruppe A beobachtet wurden, was mit großer Wahrscheinlichkeit durch die höheren Ausgangswerte im Jahr 2018 erklärbar ist.

d) Vergleich der relativen PFOA-Differenzen bezogen auf die PFOA-Konzentration von 2018 (relDelta-PFOA2018-2020) bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben.

Für diese Analyse wurden jeweils die individuellen relativen Differenzen aus den PFOA-Werten von 2018 und von 2020 bezogen auf den PFOA-Wert von 2018 (in Prozent) mit folgender Formel berechnet:

$$\text{relDelta-PFOA}_{2018-2020} = (\text{PFOA-Wert}_{2018} - \text{PFOA-Wert}_{2020}) * 100 / \text{PFOA-Wert}_{2018}$$

Relative Differenzen 2018-2020 in Prozent des PFOA-Wertes von 2018

Die folgenden Ergebnisse beschreiben die Verteilungsparameter der **relativen** Änderungen der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zwischen 2018 und 2020 jeweils in Prozent des individuellen PFOA-Wertes von 2018. Diese individuellen relativen Änderungen der

PFOA-Konzentrationen im Blutplasma in Prozent des ersten Wertes beschreiben den Anteil des PFOA-Wertes von 2018, um den sich die PFOA-Konzentration von 2020 vom ersten Wert unterscheidet. Bei einer relativen Differenz von 20 % ist der PFOA-Wert von 2018 bis 2020 um 1/5 des Wertes von 2018 gesunken. Die Tabelle 8 gibt die Quartile, Mediane, Minima und Maxima der relativen PFOA-Differenzen in den drei Gruppen wieder.

Mediane der relativen PFOA-Differenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A liegt die mediane relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 20 % des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe B liegt die mediane relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 9 % des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe C liegt die mediane relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 17 % des ersten PFOA-Wertes von 2018.

Tabelle 8: Relative PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 in [%] der PFOA-Konzentration von 2018*: Minima, Maxima, Quartile getrennt nach Untersuchungsgruppen

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Relative Differenz der PFOA-Werte von 2018 und 2020					
Gruppe A TN2020+2018 N=75	-23 % PFOA1=3	12 %	20 %	28 %	80 %
Gruppe B TN2020+2018 N=62	-35 % PFOA1=1, 6	-1 %	9 %	19 %	43 %
Gruppe C TN2020+2018 N=47	-34 % PFOA1=0, 6	5 %	17 %	26 %	51 %

* $(PFOA_{2018} - PFOA_{2020}) / PFOA_{2018} * 100$

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Erste Quartile der relativen PFOA-Differenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A liegt das erste Quartil der relativen PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 12 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe B liegt das erste Quartil der relativen PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei minus ein Prozent des PFOA-Wertes von 2018. Diese Differenz liegt im Bereich der Messunsicherheit (vgl. Tabelle 1).

In der Gruppe C liegt das erste Quartil der relativen PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 5 Prozent des ersten Wertes von 2018.

Dritte Quartile der relativen PFOA-Differenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A liegt das dritte Quartil der relativen PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 28 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe B liegt das dritte Quartil der relativen PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 19 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe C liegt das dritte Quartil der relativen PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 26 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

Minima der relativen PFOA-Differenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben

In der Gruppe A beträgt die minimale relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, -23 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018. Da in diesem Fall der PFOA-Wert von 2018 bei 3 Mikrogramm/Liter Blutplasma lag, entspricht diese relative Differenz einer absoluten Differenz von -0,7 Mikrogramm/Liter Blutplasma.

In der Gruppe B lag die minimale relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei -35 Prozent des

ersten PFOA-Wertes von 2018. Bei einem Ausgangswert 2018 von 1,6 Mikrogramm/Liter Blutplasma entspricht diese relative Differenz einer absoluten Differenz von -0,6 Mikrogramm/Liter Blutplasma.

In der Gruppe C beträgt die minimale relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, -34 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018. Da in diesem Fall der PFOA-Wert 2018 bei 0,6 Mikrogramm/Liter Blutplasma lag, entspricht diese relative Differenz einer absoluten Differenz von -0,2 Mikrogramm/Liter Blutplasma.

[Maxima der relativen PFOA-Differenzen von 2018 und 2020 bei den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben](#)

In der Gruppe A beträgt die maximale relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, 80 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018. Dieser Wert ist im Vergleich zu den anderen beobachteten Differenzen relativ hoch. Der zweithöchste Wert der relativen PFOA-Differenzen lag in dieser Gruppe bei 54 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe B liegt die höchste relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, bei 43 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

In der Gruppe C beträgt die höchste relative PFOA-Differenz zwischen 2018 und 2020 unter den Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben, 51 Prozent des ersten PFOA-Wertes von 2018.

Da PFOA nur sehr langsam vom Körper ausgeschieden wird, liegt der beobachtete Konzentrationsrückgang in der Gruppe A zwischen 2018 und 2020 mit etwa 20 Prozent in dem zu erwartenden Bereich. Nach Untersuchungsergebnissen aus anderen Studien ist davon auszugehen, dass die Halbwertszeit, also die Zeit, bis die Hälfte von PFOA im Blut ausgeschieden ist, bei mehreren Jahren liegt. Insofern sind auch die in den beiden anderen Gruppen beobachteten PFOA-Werte plausibel.

[Grafiken zum Vergleich der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 und 2020](#)

Die Abbildungen 4a bis 4c illustrieren die individuellen Veränderungen der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in den untersuchten Gruppen. Wegen unterschiedlicher Größenordnungen der PFOA-Werte wurden unterschiedliche Skalierungen der y-Achsen verwendet. Eine Darstellung dieser individuellen Veränderungen mit gleicher Skalierung der y-Achsen für alle drei Gruppen ist im Anhang 6.5.4 wiedergegeben.

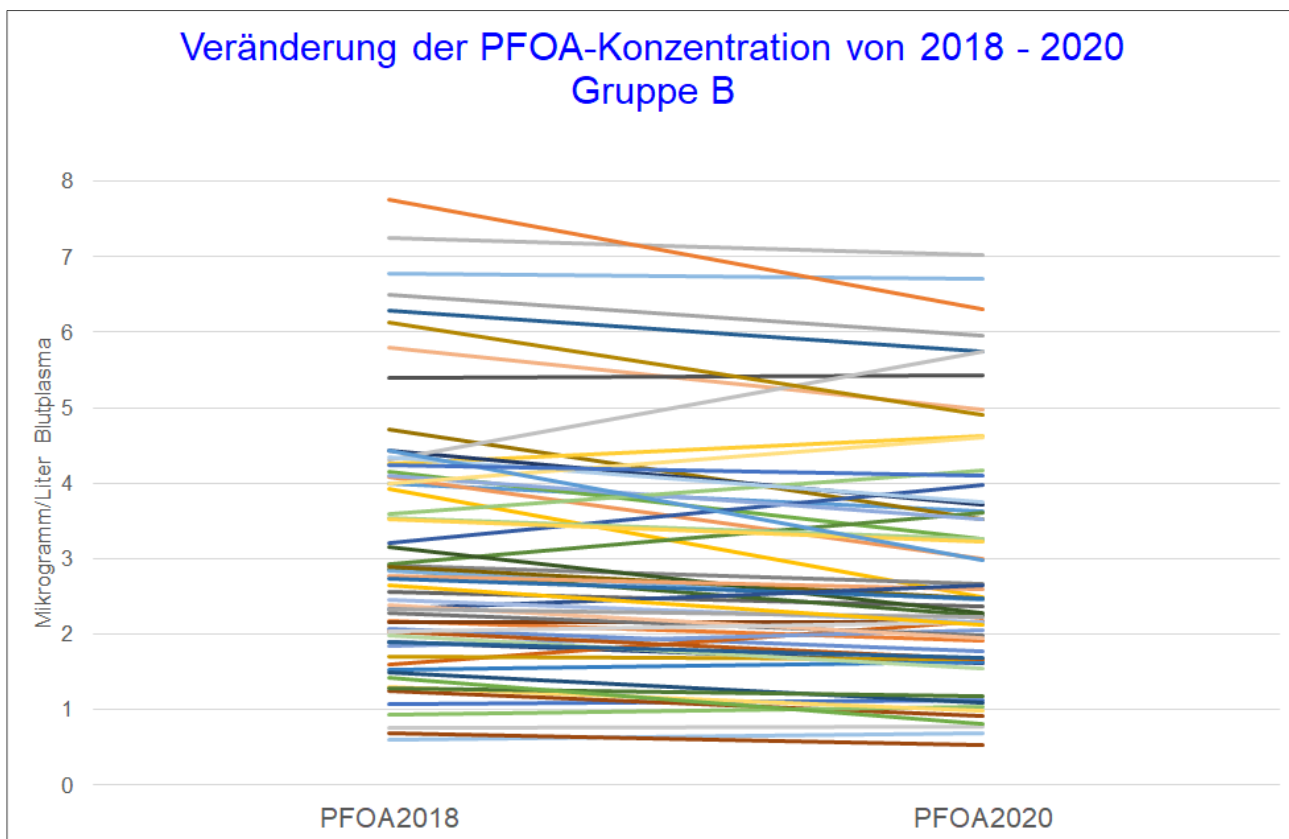
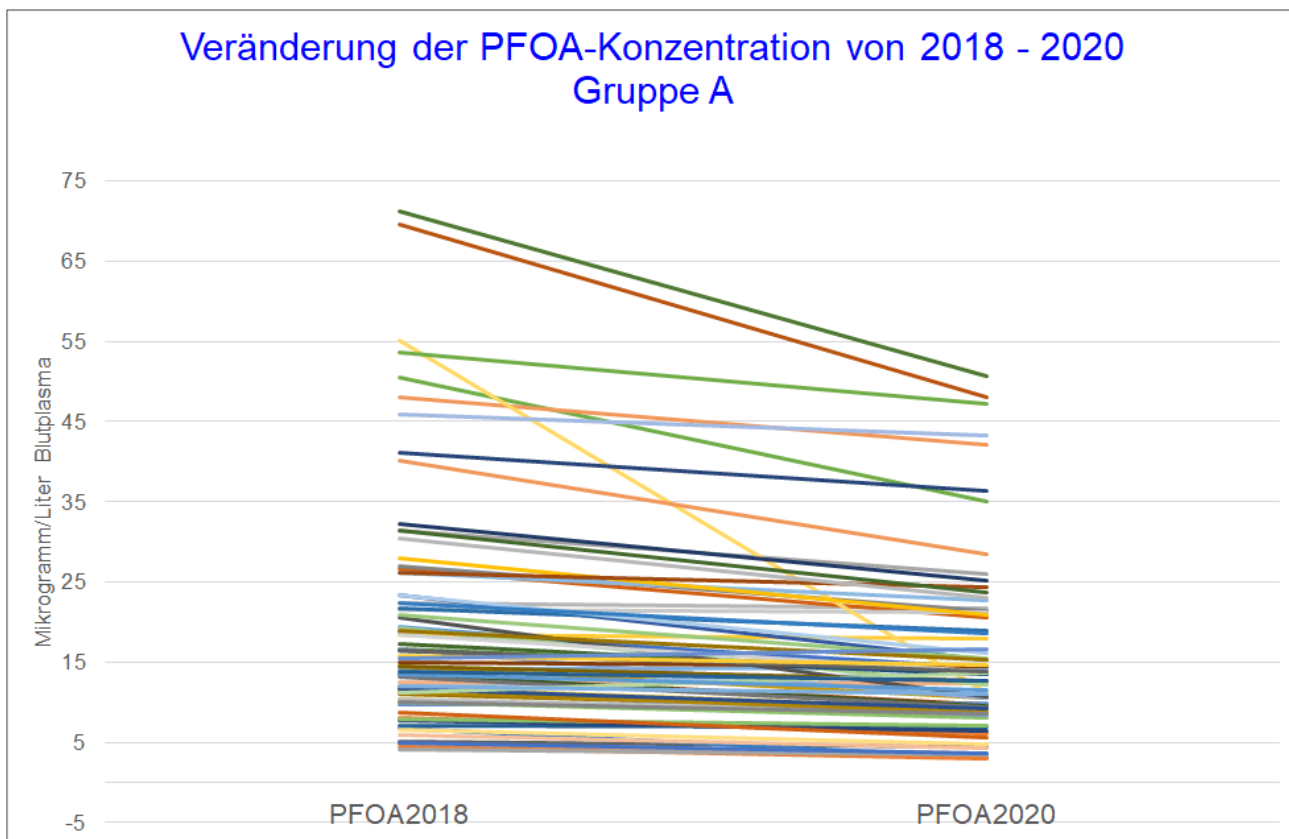


Abbildung 4a und b: Darstellung der Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in den Gruppen A und B; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm pro Liter

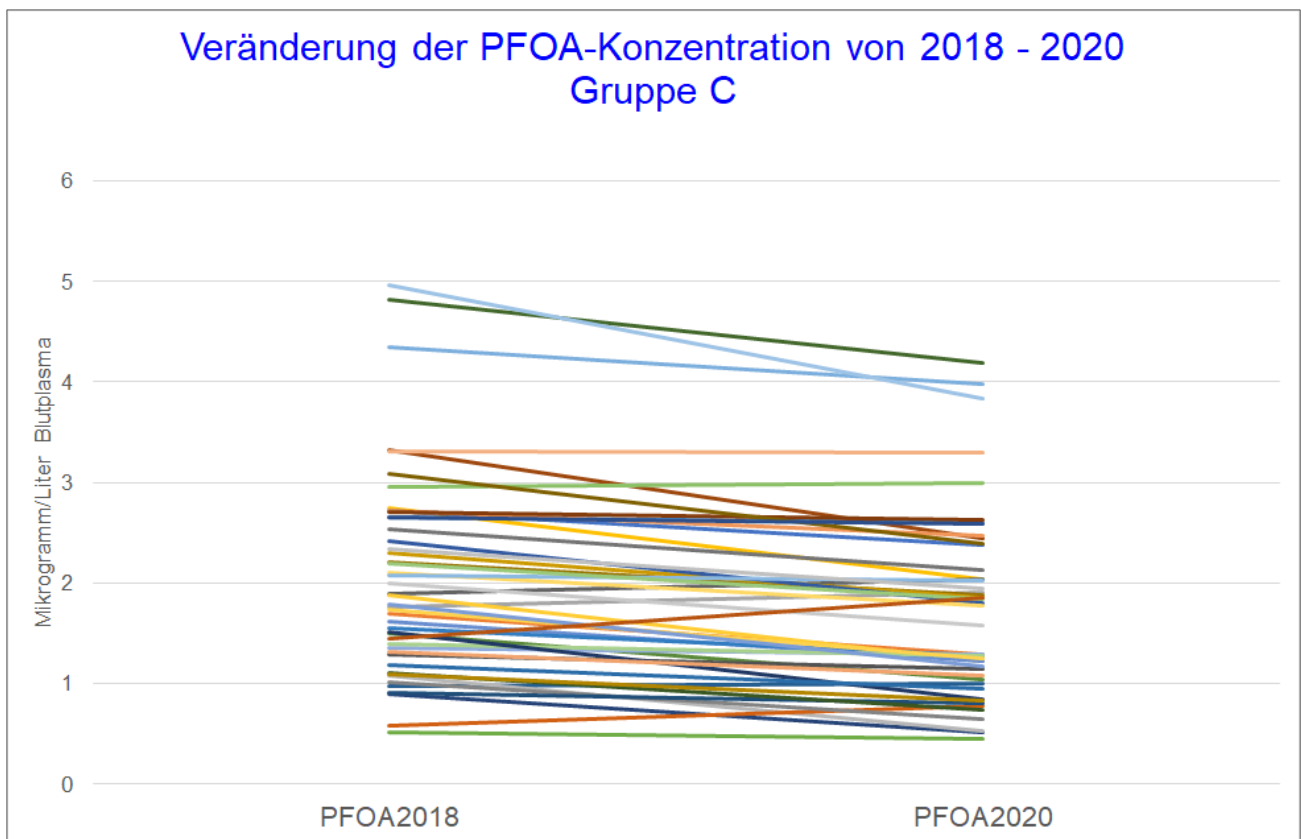


Abbildung 4c: Darstellung der Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in der Gruppe C; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm pro Liter

Korrelation zwischen PFOA-Werten von 2018 und 2020

Zur Veranschaulichung der Korrelationen zwischen den PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 wurden Scattergramme (Punktdiagramme) getrennt nach den Gruppen erstellt und die entsprechenden Korrelationskoeffizienten berechnet. Der Korrelationskoeffizient ist ein Maß für den linearen Zusammenhang zwischen zwei Größen. Je näher der Wert bei 1 liegt, um so stärker ist der (positive) Zusammenhang zwischen den PFOA-Werten von 2018 und 2020.

Die Abbildungen 5a, 5b und 5c zeigen den Zusammenhang der einzelnen PFOA-Werte von 2018 und 2020 in Form von Streudiagrammen (*Scattergrammen*) sowie den jeweiligen Korrelationskoeffizienten R der PFOA-Daten von 2018 und 2020 getrennt nach den Untersuchungsgruppen. In der Gruppe A lag der Korrelationskoeffizient bei 0,92, in der Gruppe B bei 0,95 und in der Gruppe C bei 0,96.

Von diesen Grafiken ist ebenfalls eine weitere Darstellung mit gleicher Skalierung der y-Achsen für alle drei Gruppen im Anhang 6.5.5 wiedergegeben.

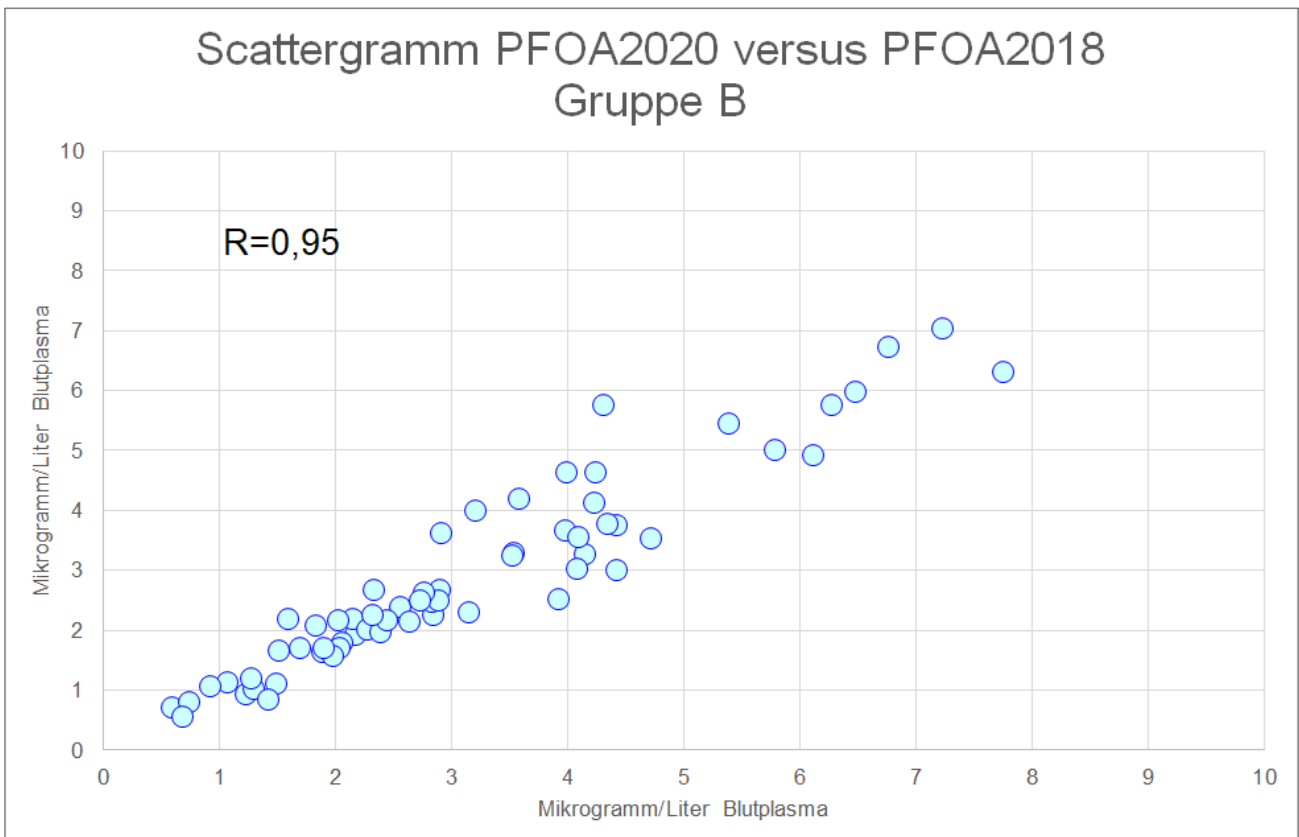
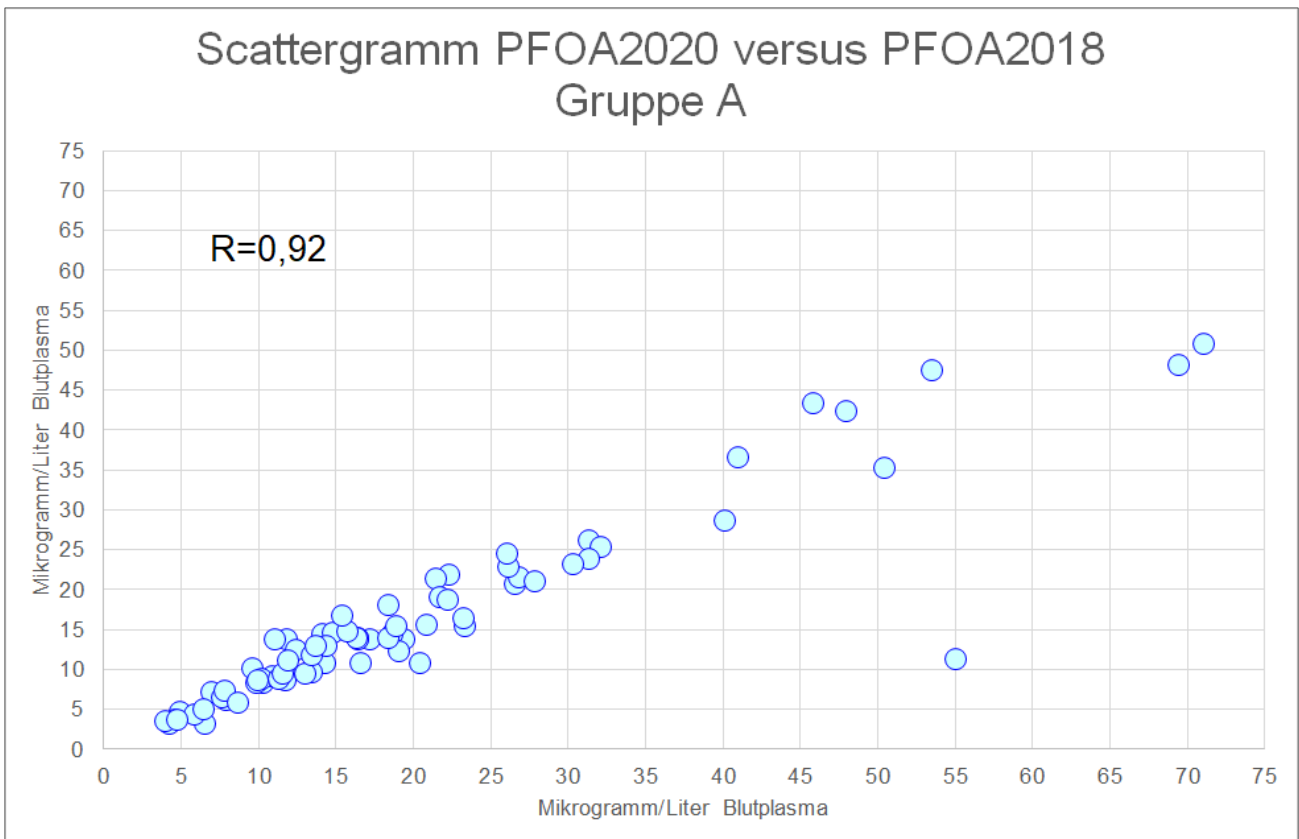


Abbildung 5a und b: Streudiagramme (Scattergramme) der PFOA-Konzentrationen von 2018 (abgetragen auf der x-Achse) und 2020 (abgetragen auf der y-Achse) in den Gruppen A und B; jeder Punkt steht für eine Person, die an beiden Untersuchungen teilgenommen hat. Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,83 in Gruppe A und bei 0,90 in Gruppe B. Die Skalierung der Achsen in den beiden Abbildungen ist unterschiedlich.

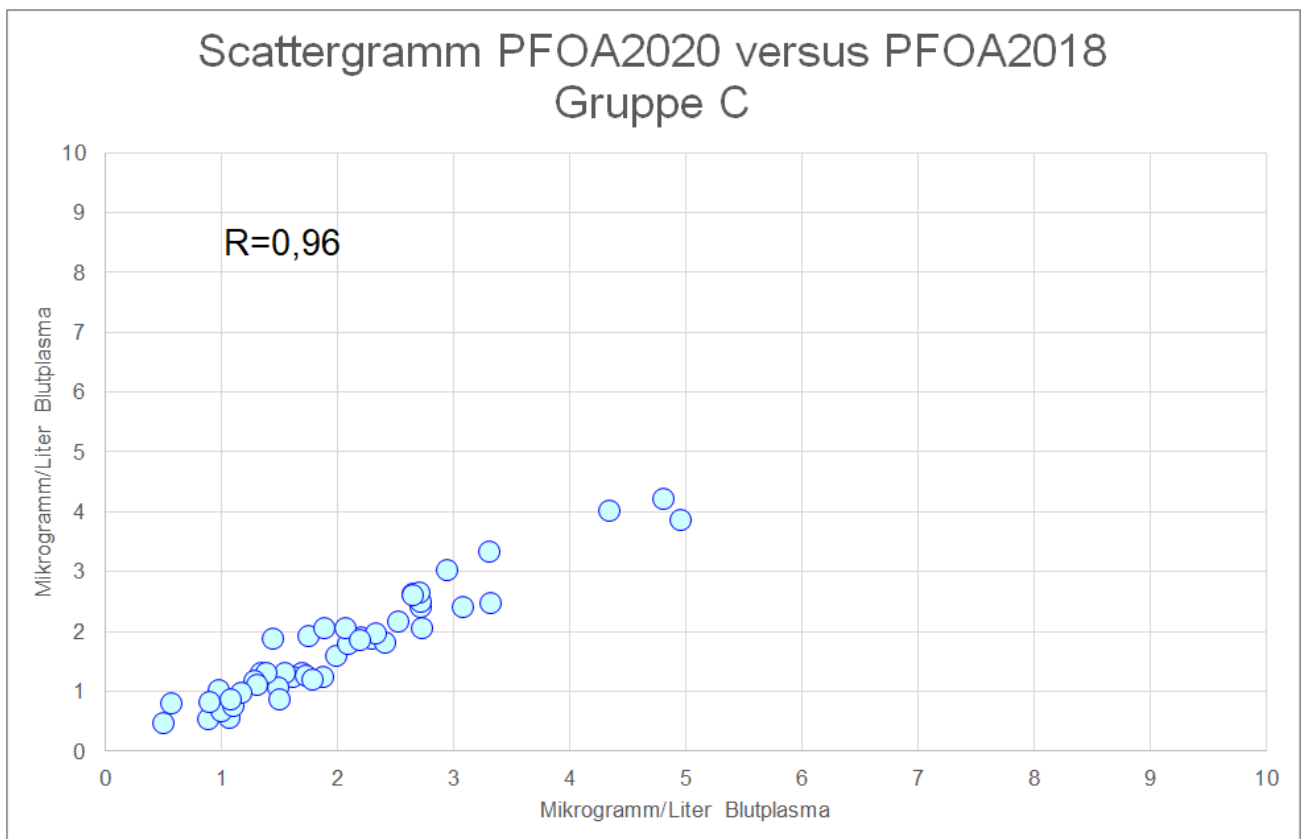


Abbildung 5c: Streudiagramm (Scattergramm) der PFOA-Konzentrationen von 2018 (abgetragen auf der x-Achse) und 2020 (abgetragen auf der y-Achse) in der Gruppe C; jeder Punkt steht für eine Person, die an beiden Untersuchungen teilgenommen hat. Das Bestimmtheitsmaß lag in der Gruppe C bei 0,91.

3.2.5 PFOA-Konzentrationen im Blutplasma in Abhängigkeit vom früheren Trinkwasserkonsum und von der untersuchten Gruppe

Da der Vergleich der PFOA-Werte von 2018 in den drei Gruppen Hinweise auf einen relativ starken Einfluss des früheren Trinkwasserkonsums nahelegte, wurde mit den Daten von 2020 eine geschichtete Analyse der PFOA-Werte getrennt nach den Gruppen A, B und C sowie nach der Menge des früheren täglichen Trinkwasserkonsums (zu Hause) durchgeführt. Bei Personen, die im Fragebogen (siehe Anhang 6.6) angaben, Ihren Trinkwasserkonsum geändert zu haben, wurden für diese Auswertung die Antworten auf die Frage 13 zur Menge des früheren Trinkwasserkonsums verwendet: "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)" Ankreuzbar waren die fünf Antwortkategorien: „0 Gläser“, „1-2 Gläser“, „3-5 Gläser“, „6-8 Gläser“ oder „mehr“).

Bei allen anderen Personen dienten die Antworten zur Menge des Trinkwasserkonsums zum Zeitpunkt der Befragung (siehe Frage 11 im Fragebogen) als annähernde Schätzung für den früheren Trinkwasserkonsum. Die Frage 11 lautete: „Wie groß ist in etwa die Trinkwassermenge aus Ihrer häuslichen Wasserleitung, die Sie täglich zu sich nehmen? (1 Glas = ca. 200 ml)“ mit den möglichen Antwortkategorien: „0 Gläser“, „1-2 Gläser“, „3-5 Gläser“, „6-8 Gläser“ oder „mehr“.

In den Abbildungen 6a, 6b und 6c sind die Ergebnisse dieser Auswertung für die drei Gruppen A, B und C graphisch dargestellt.

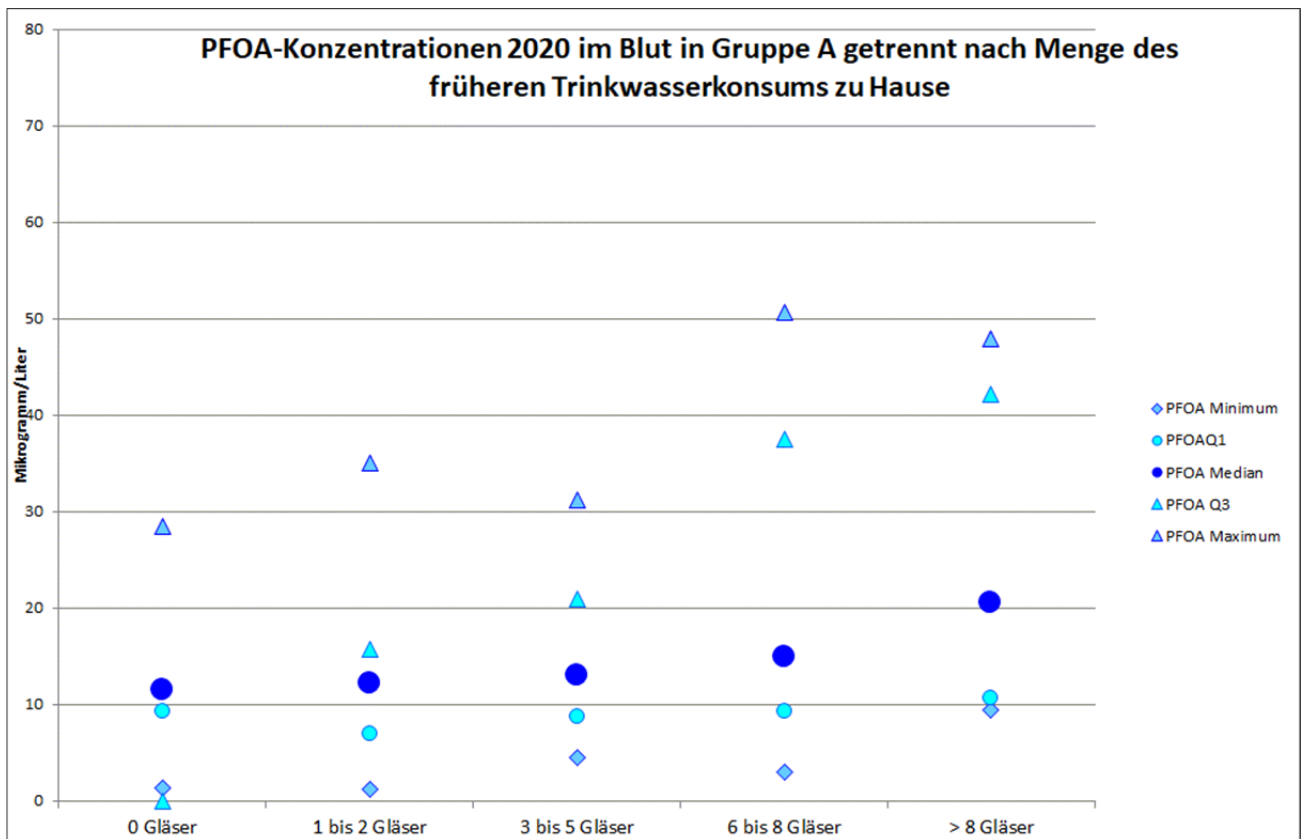


Abbildung 6a: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der im Jahr 2020 untersuchten Personen aus der Gruppe A getrennt nach der Menge des früheren Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

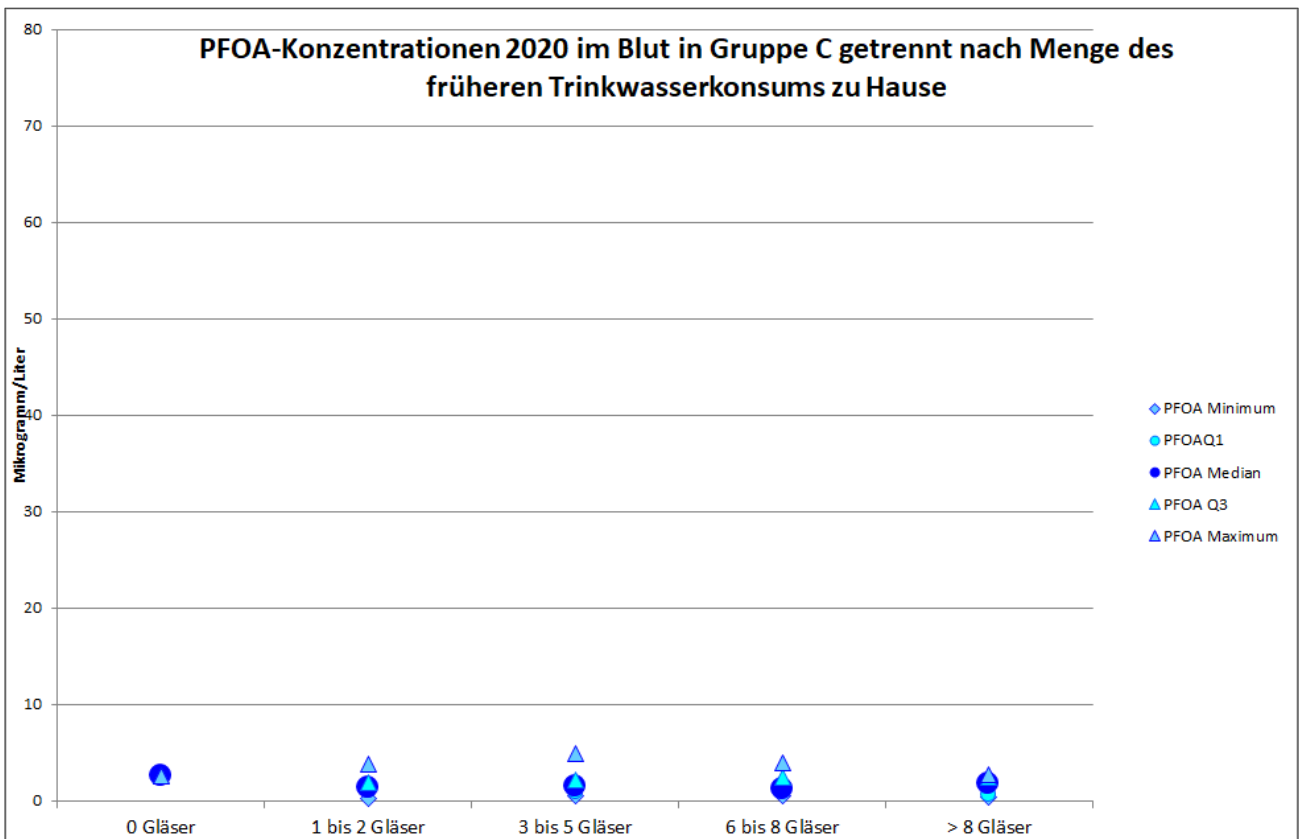
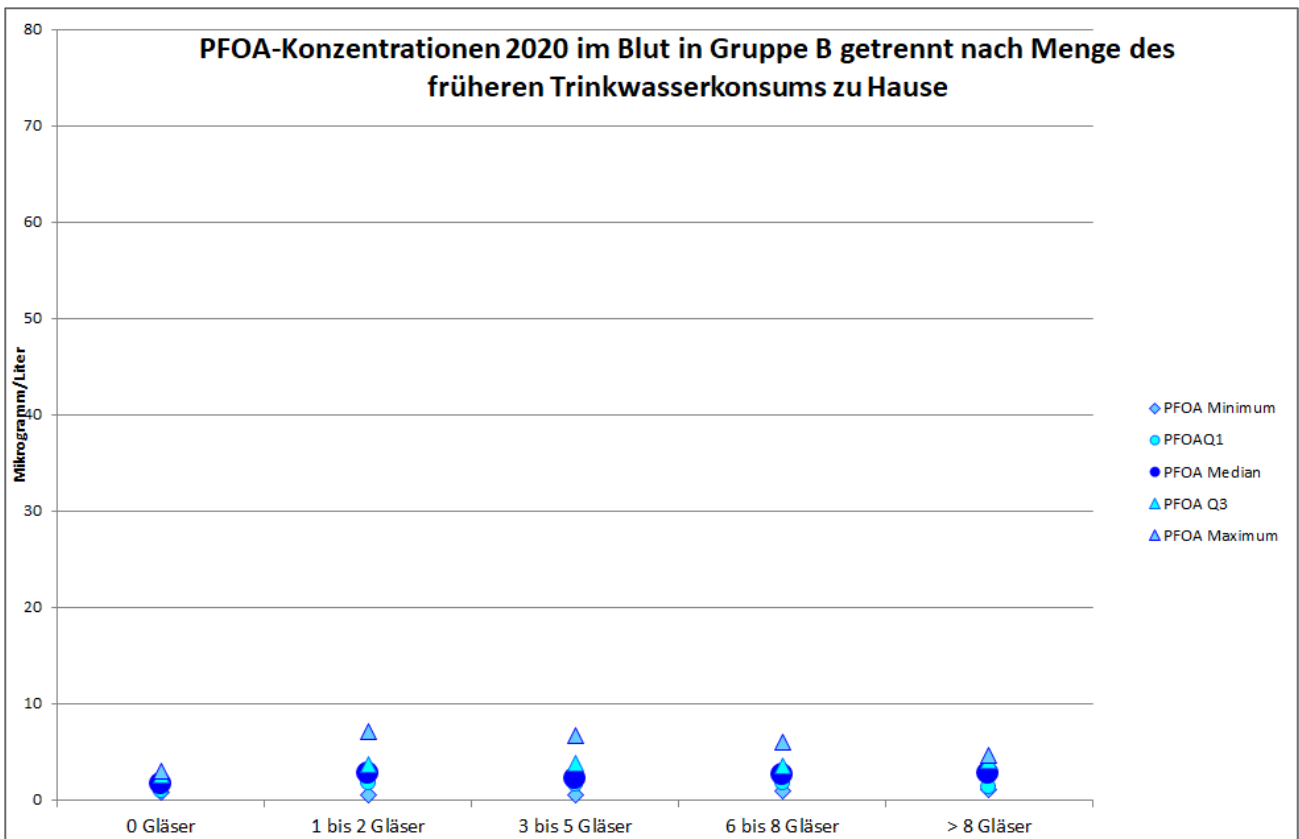


Abbildung 6b und c: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der im Jahr 2020 untersuchten Personen aus den Gruppen B und C getrennt nach der Menge des früheren Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml); 6b - Gruppe B, 6c - Gruppe C

Bei den PFOA-Konzentrationen in der Gruppe A ist ein Zusammenhang zwischen der Menge des früheren häuslichen Trinkwasserkonsums und der medianen PFOA-Konzentration im Sinne einer Dosis-Wirkungsbeziehung erkennbar (vgl. Abb. 6a).

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

Auf weitere geschichtete Analysen wurde wegen der unzureichenden Besetzungszahlen in den unteren und/oder oberen Antwortkategorien bei vielen Fragen im Fragebogen (getrennt nach den Gruppen A, B und C) verzichtet, da die Schätzung von Quartilen bei sehr kleinen Fallzahlen mit großer Unsicherheit behaftet ist. (Siehe [9] Weiß, 2013 und [10] Schoonjans et al. 2011.)

3.3 Beschreibung weiterer PFC-Konzentrationen in den Gruppen A, B und C

3.3.1 Vergleich der PFC-Konzentrationen in den drei Gruppen 2018 und 2020

Dieser Abschnitt enthält die Ergebnisse der Auswertungen zu Verteilungen der anderen Untersuchungsparameter Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluornonansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluorundekansäure (PFUnA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) im Blutplasma der im Jahr 2020 untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C im Vergleich zu den Ergebnissen aus der ersten Blutkontrolluntersuchung 2018. In den folgenden Darstellungen werden die Verteilungen der Untersuchungsparameter charakterisiert durch die Mediane, erste und dritte Quartile sowie Minima und Maxima (analog zu den Darstellungen für PFOA in Abschnitt 3.2.1).

Die Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Auswertungen mit allen 348 Personen, die 2018 untersucht wurden, im Vergleich zur Auswertung mit allen 249 Personen, die 2020 untersucht wurden, jeweils getrennt nach den Gruppen A, B und C.

Mit Ausnahme von PFOS wurde bei den anderen Laborparametern auf eine zweite Auswertung mit einem Teilkollektiv der untersuchten Personen wegen der geringeren Streuungen der Messwerte verzichtet, da dadurch kaum zusätzliche Informationen zu erwarten waren.

Die Histogramme der beobachteten Messwerte zu diesen Untersuchungsparametern sind im Anhang 6.5.3 wiedergegeben.

Da in dieser Untersuchung alle PFHxA-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,3 Mikrogramm/Liter) lagen, wurde bei diesem Laborparameter auf eine Tabellierung von Verteilungsparametern wie Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen nach Gruppen verzichtet.

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 den Abbildungen 7a und 7b dargestellt, wobei in Abbildung 7a die Verteilungsparameter der Konzentrationen von PFOS in allen untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden und in Abbildung 7b die entsprechenden Verteilungsparameter der Blutproben von Personen, die an beiden Untersuchungen 2018 und 2020 teilgenommen haben.

Bei den im Jahr 2020 untersuchten Personen aus der Gruppe A lag die mediane Konzentration von PFOS im Blutplasma 2020 bei 2,2 Mikrogramm pro Liter. In den Gruppen B und C lagen die Mediane 2020 bei 2,5 Mikrogramm pro Liter. Diese medianen Werte ergaben sich auch bei Einschränkung der Auswertung auf die Personen, die an beiden Untersuchungen 2018 und 2020 teilgenommen hatten.

Damit lag die mediane PFOS-Konzentration in der Gruppe A wie schon 2018 etwas unterhalb der Mediane von Gruppe B und C. Im Gruppenvergleich war dieser Unterschied jedoch nicht signifikant (vgl. Abschnitt 3.3.2).

In der Gruppe A sind die PFOS-Konzentrationen im Blutplasma seit 2018 im Mittel um 0,2 Mikrogramm pro Liter Blutplasma zurückgegangen. Das entspricht etwa 10 % der medianen PFOS-Konzentration von 2018. In den beiden anderen Gruppen B und C gingen die PFOS-Werte im Blutplasma seit 2018 um 0,3 bzw. 0,1 Mikrogramm pro Liter zurück. Das entspricht 11 % der medianen PFOS-Konzentration von 2018 in der Gruppe B und 4 % in der Gruppe C.

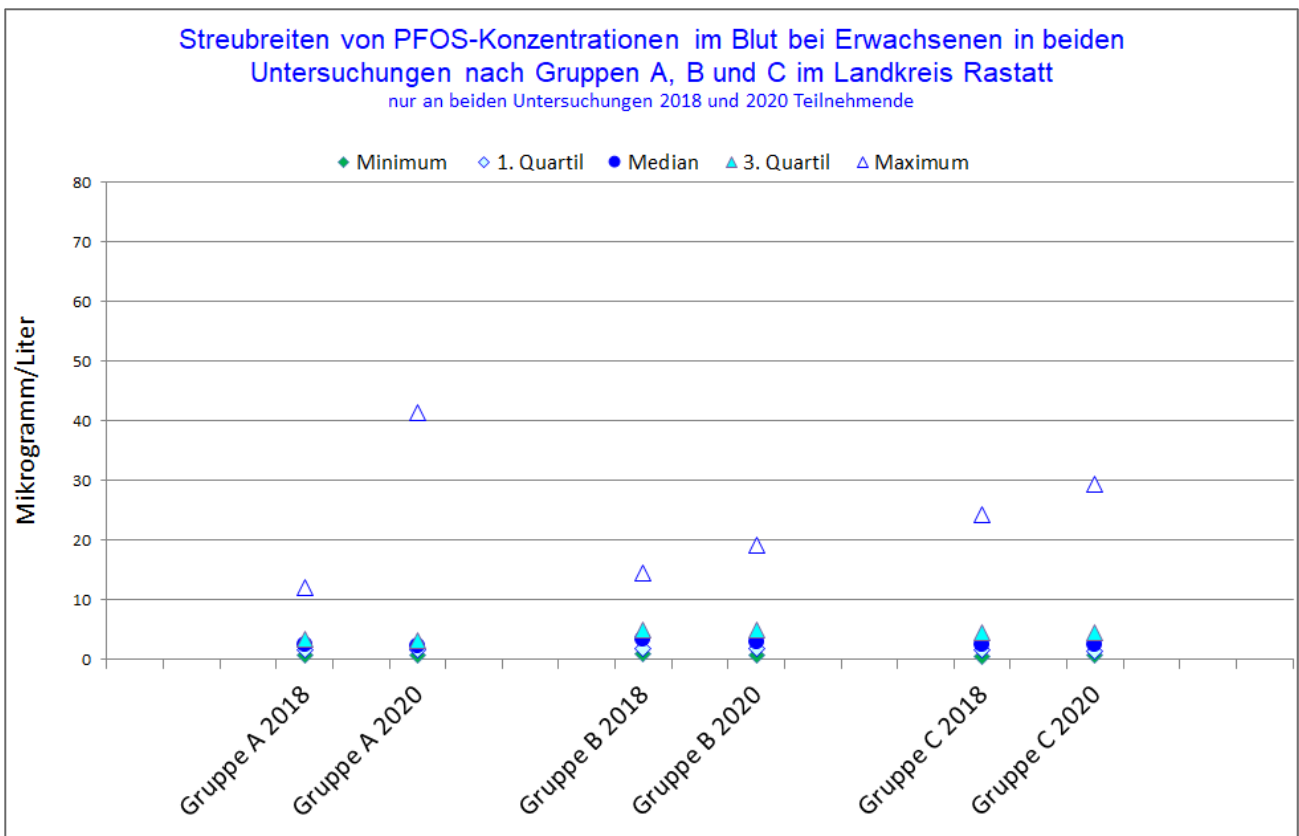
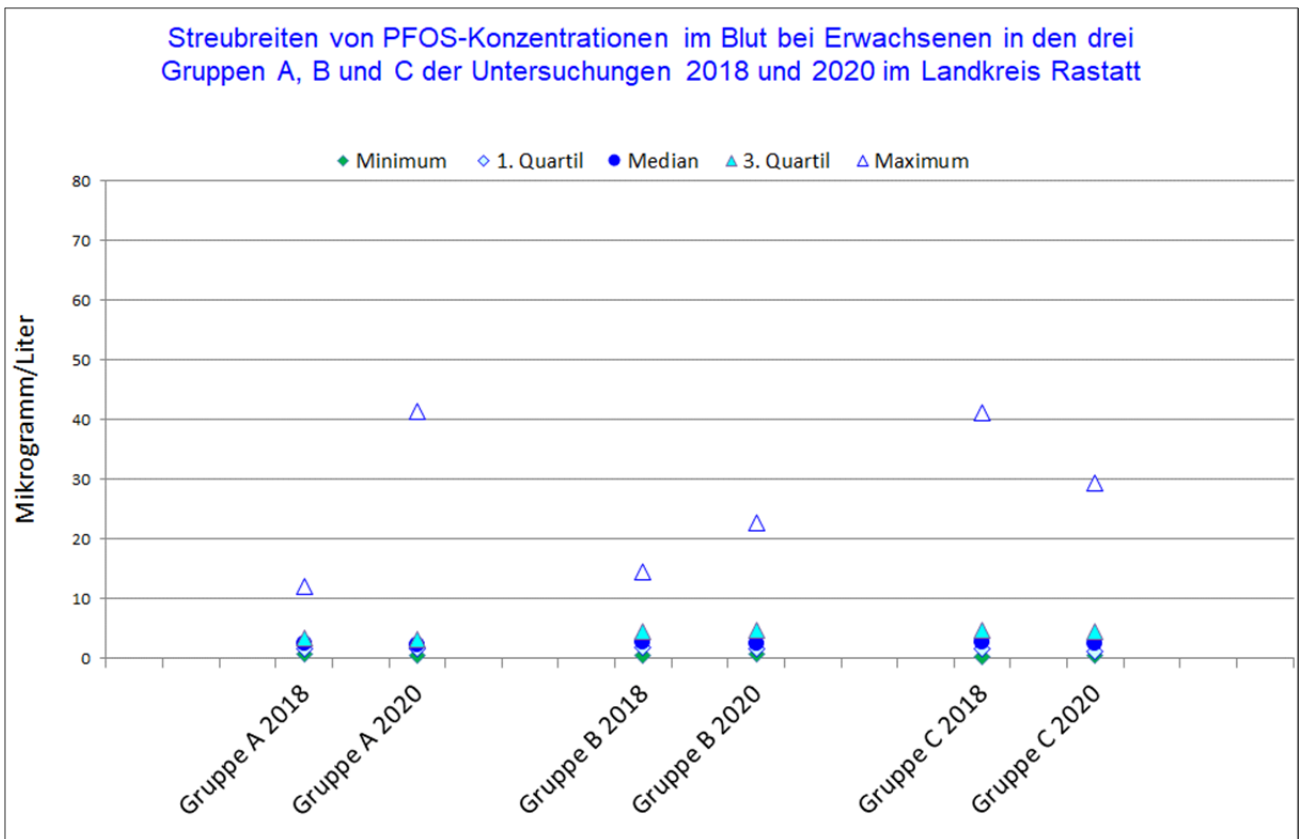


Abbildung 7a und b: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOS-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 und 2020 untersuchten Personen aus drei Gruppen A: mit Wohnort in Kuppenheim oder Gernsbach-Kernstadt, B: mit Wohnort in Bühl-Weitenung, Sinzheim-Müllhofen, Sinzheim-Halberstung oder Sinzheim-Schiftung und C: mit Wohnort in Au, Bietigheim, Durmersheim, Elchesheim-Illingen, Ötigheim oder Steinmauern; 1a - alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer 2018 und 2020, 1b - nur Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben.

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

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,6	1,5	2,4	3,4	12,1
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,4	1,5	2,2	3,1	41,4
Gruppe A U1 TN2020+2018	0,6	1,7	2,4	3,4	12,1
Gruppe A U2 TN2020+2018	0,6	1,6	2,2	3,2	41,4
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,5	1,9	2,8	4,5	14,5
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,7	1,7	2,5	4,6	22,8
Gruppe B U1 TN2020+2018	1,0	1,9	3,4	5,0	14,5
Gruppe B U2 TN2020+2018	0,8	1,8	2,9	4,9	19,9
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,3	1,6	2,6	4,6	41,1
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,4	1,2	2,5	4,5	29,3
Gruppe C U1 TN2020+2018	0,5	1,5	2,5	4,6	24,2
Gruppe C U2 TN2020+2018	0,6	1,3	2,4	4,5	29,3

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

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 8 und Tabelle 10 für alle Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt.

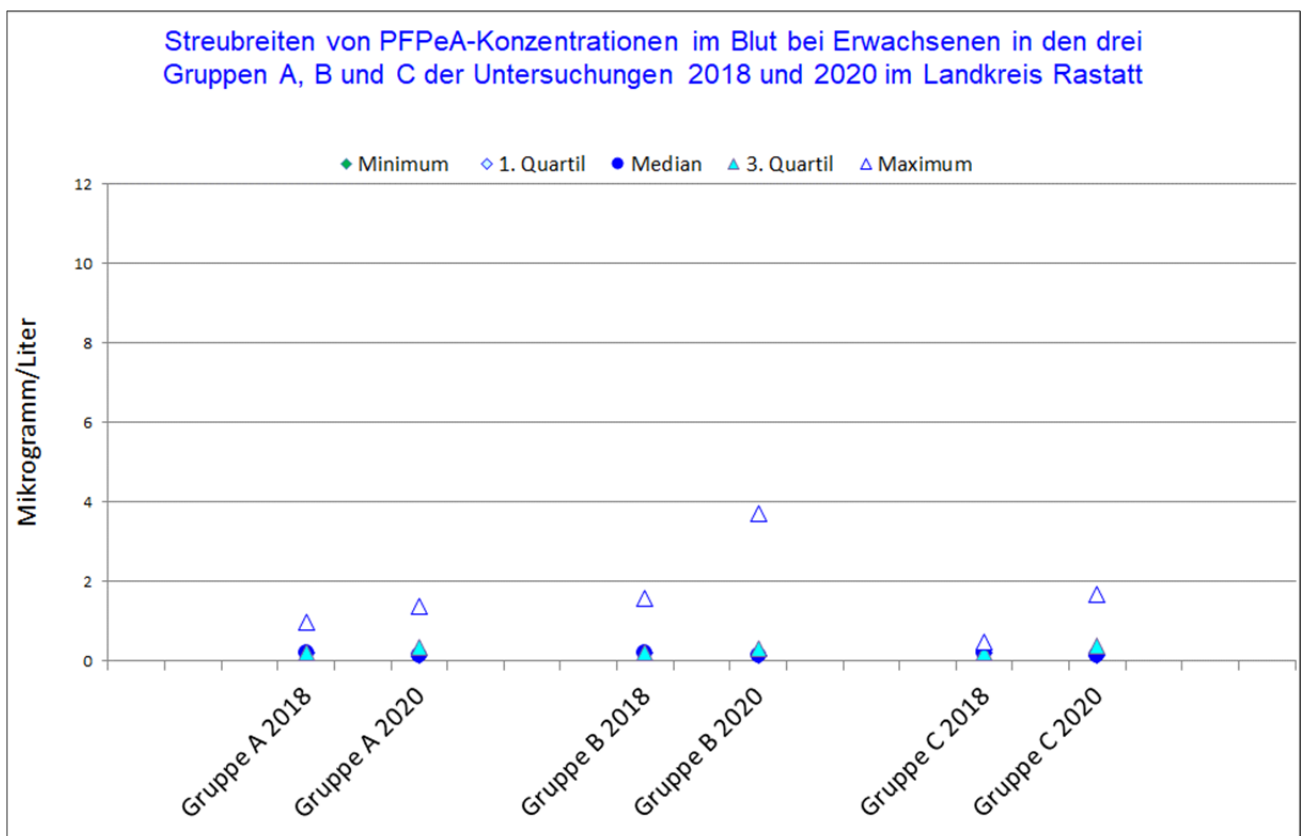


Abbildung 8: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

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

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,15	0,15	0,15	0,3	1,4
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,6
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,15	0,15	0,15	0,3	3,7
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,15	1,15	0,15	0,4	1,7

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Perfluorhexansäure (PFHxA)

In beiden Untersuchungen lagen alle PFHxA-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (2018: 0,4 Mikrogramm/Liter; 2020: 0,3 Mikrogramm/Liter). Deshalb wurde bei diesem Laborparameter auf eine Tabellierung von Verteilungsparametern wie Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen nach Gruppen verzichtet.

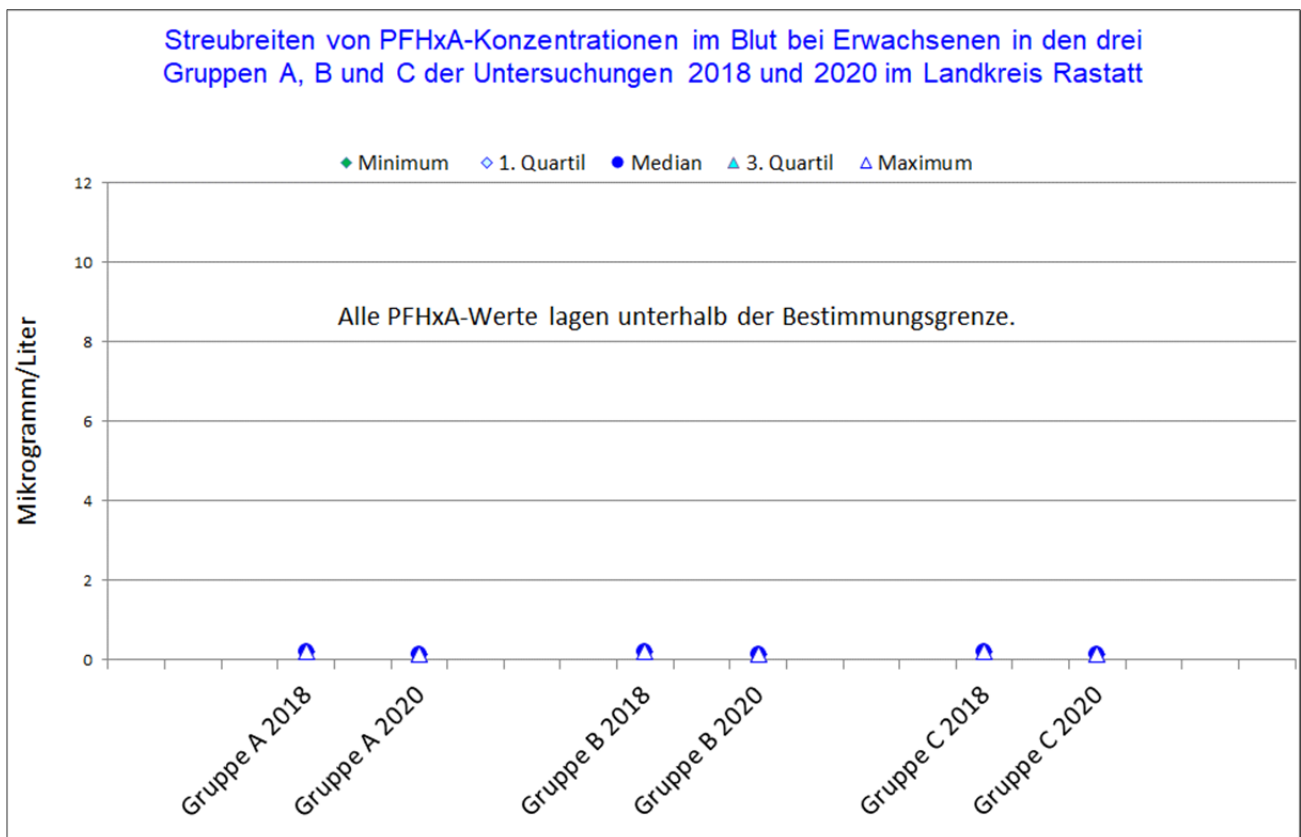


Abbildung 9: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHxA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

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 7 dargestellt, wobei die Verteilungsparameter der PFHpA-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

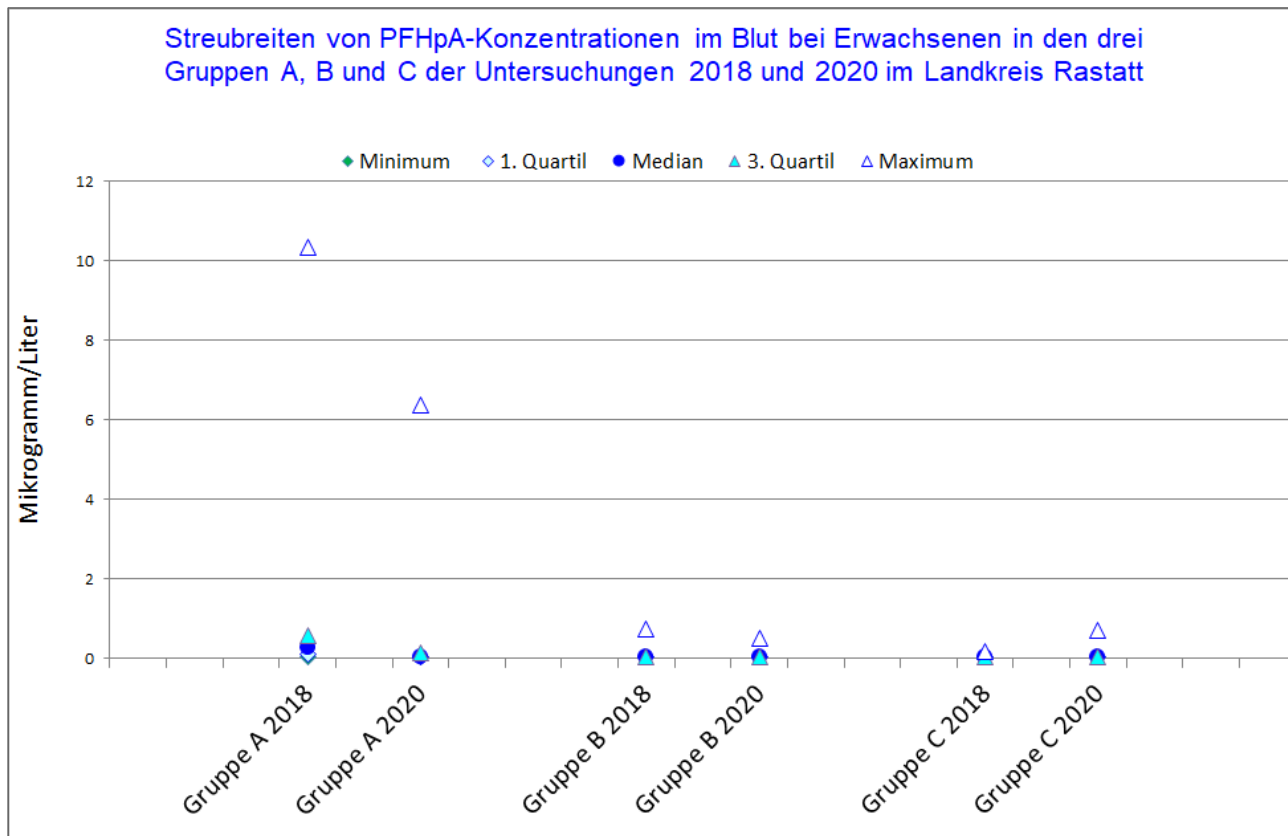


Abbildung 10: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Tabelle 11: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFHpA -Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,05	0,1	0,3	0,6	10,3
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,1	6,4
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,5
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,7

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Perfluoronansäure (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 11 dargestellt, wobei die Verteilungsparameter der PFNA-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

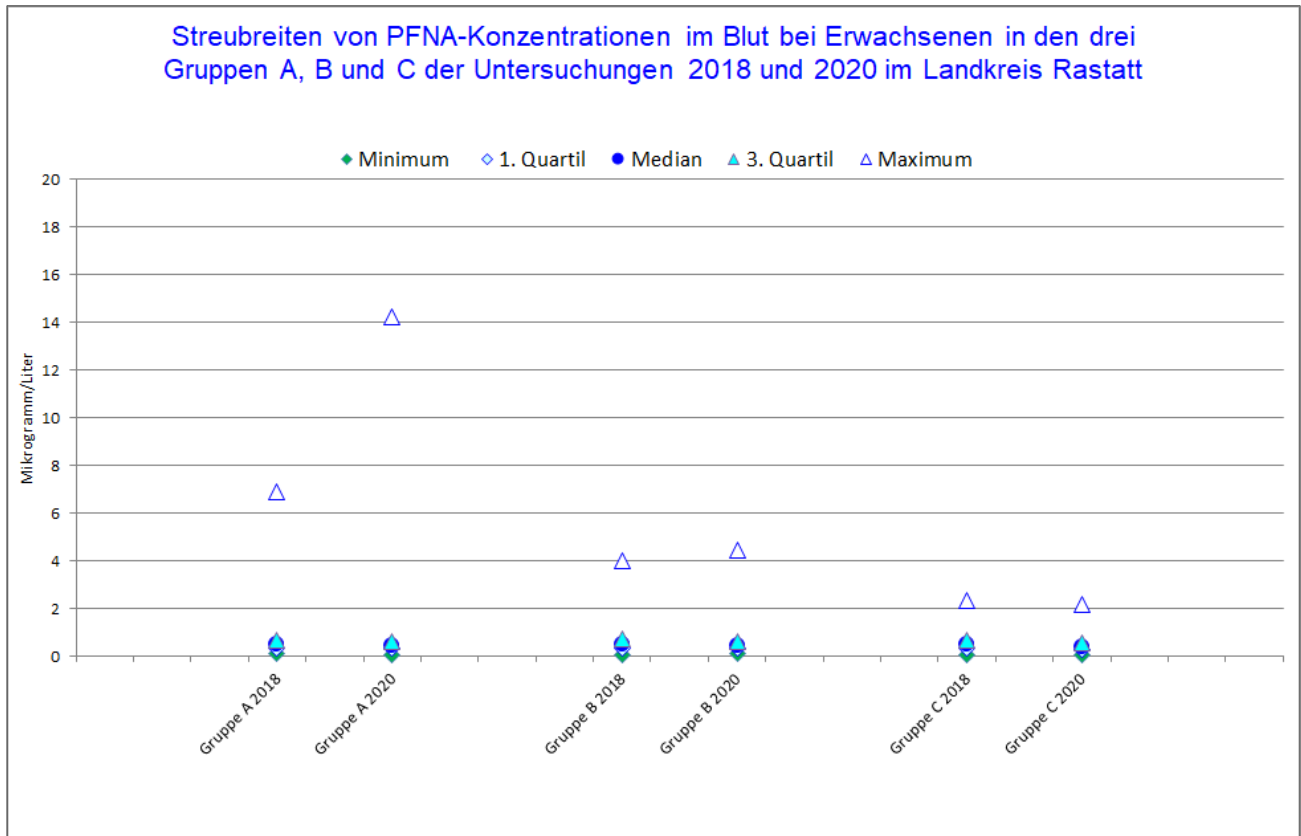


Abbildung 11: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

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

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,1	0,4	0,5	0,7	6,9
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,3	0,4	0,6	14,3
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,4	0,5	0,7	4,0
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,1	0,3	0,4	0,6	4,5
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,3	0,5	0,6	2,4
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,3	0,4	0,6	2,2

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

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 12 wiedergegeben, wobei die Verteilungsparameter der PFDA-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

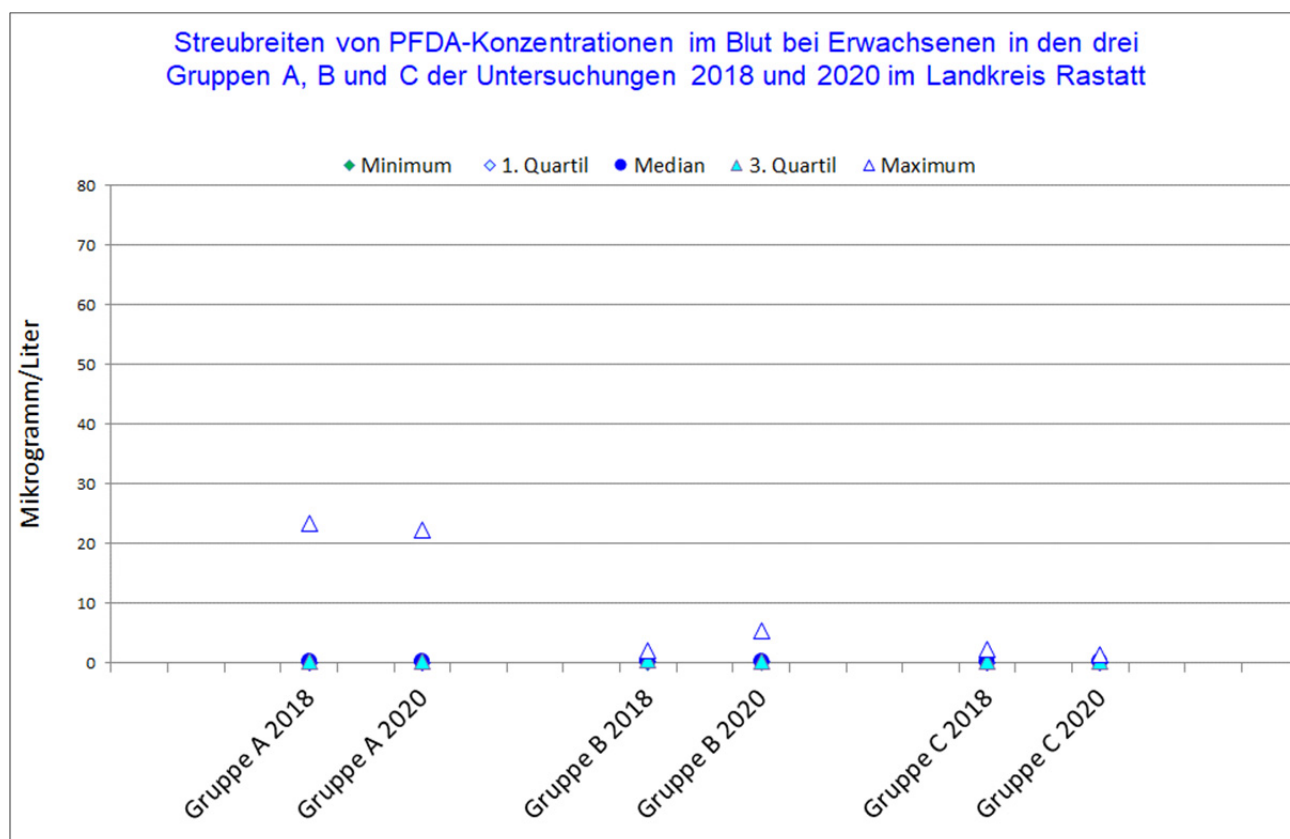


Abbildung 12: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

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

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,05	0,1	0,2	0,3	23,5
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,1	0,2	0,3	22,2
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,2	0,2	0,4	2,0
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,1	0,2	0,2	0,3	5,3
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,1	0,2	0,3	2,3
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,1	0,2	0,2	1,3

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

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 13 und Tabelle 14 beschrieben, wobei die Verteilungsparameter der PFUnA-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt sind.

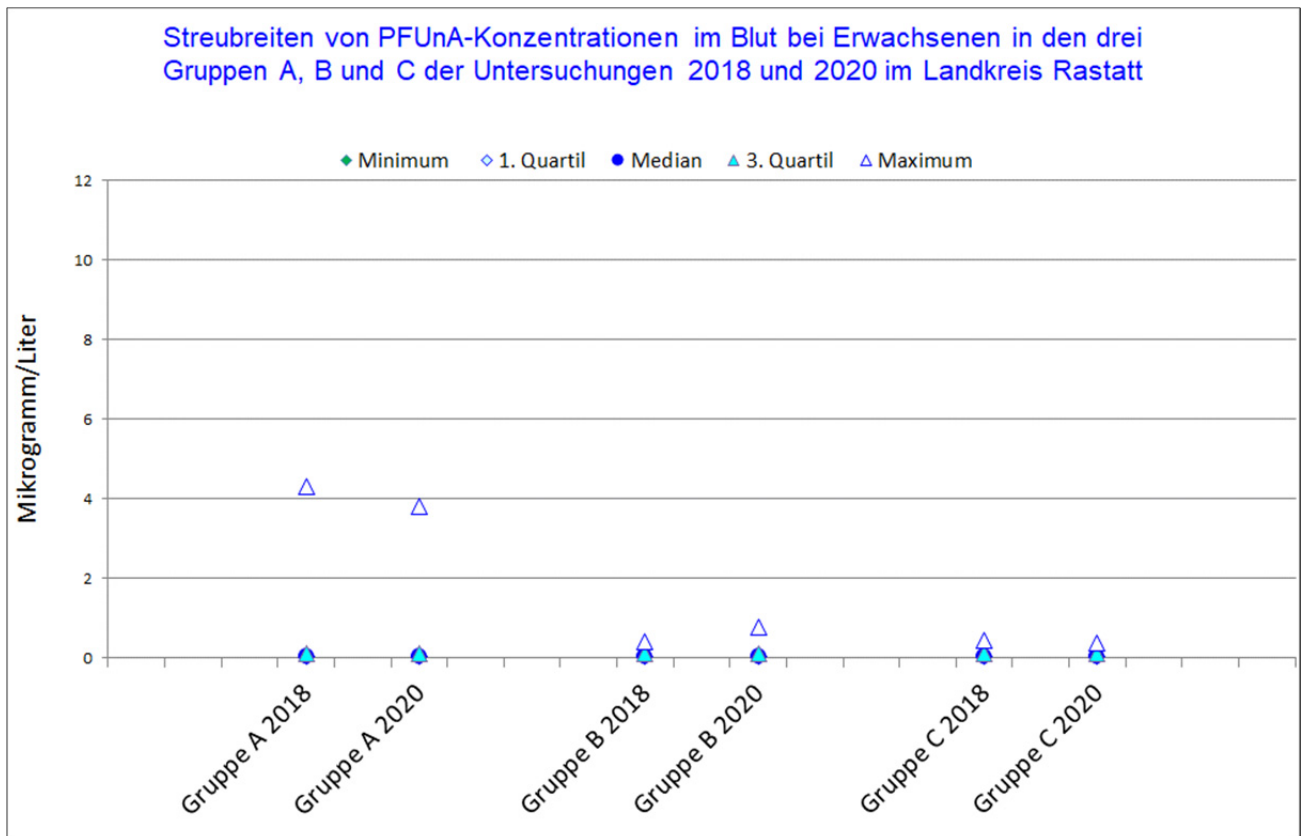


Abbildung 13: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

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

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,1	4,3
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,1	3,8
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,8
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,4

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

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 14 und Tabelle 15 beschrieben, wobei die Verteilungsparameter der PFDoA-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

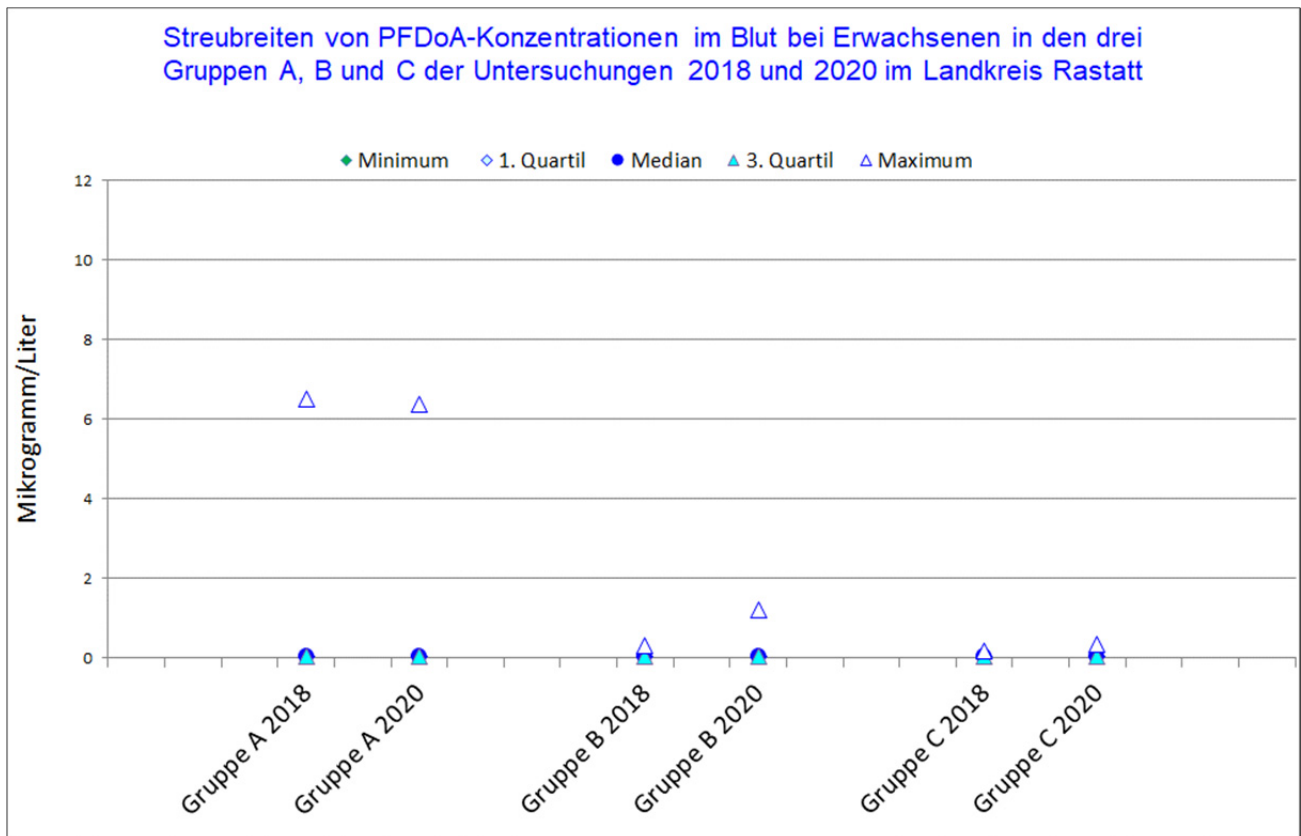


Abbildung 14: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

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

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	6,5
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	6,4
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,4

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

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 15 dargestellt, wobei die Verteilungsparameter der PFHxS-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

Alle TN:

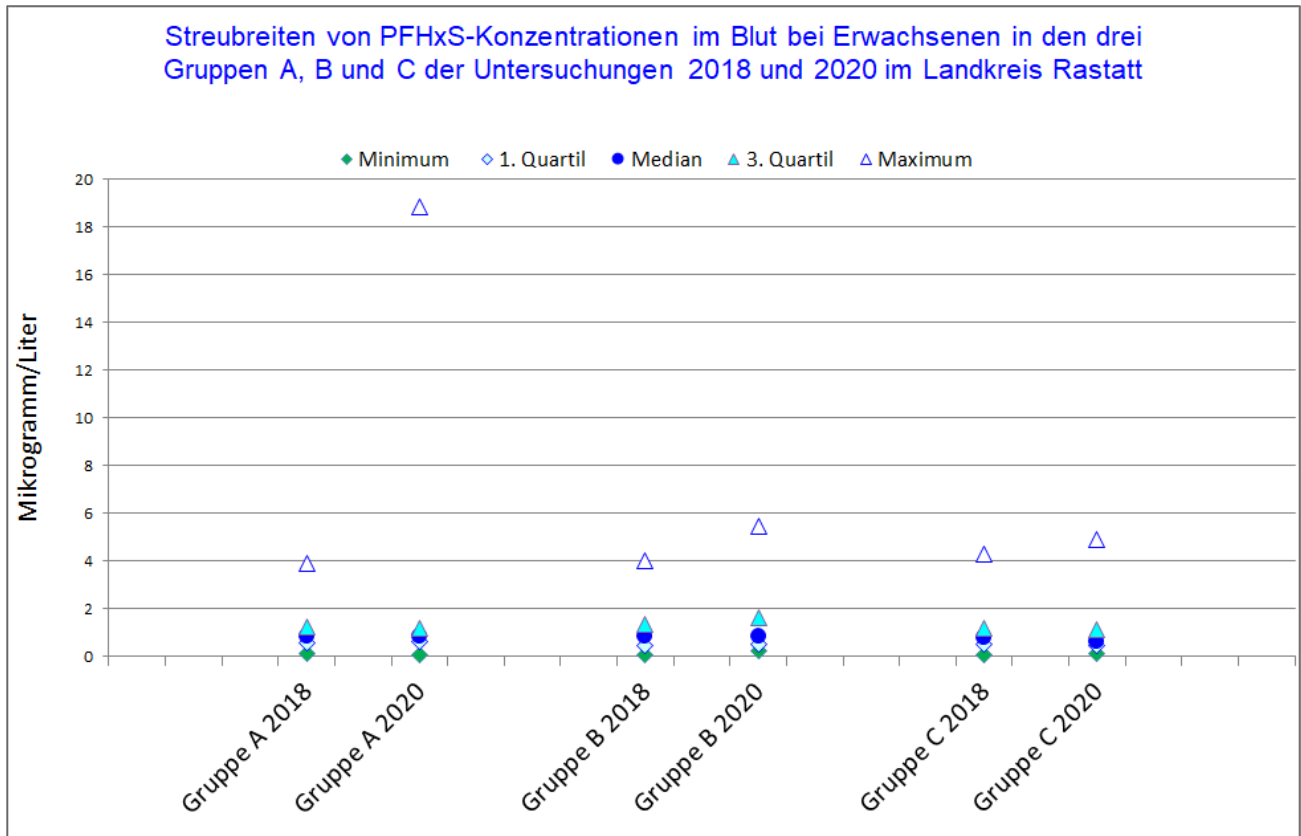


Abbildung 15: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Tabelle 16: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFHxS-Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,1	0,6	0,8	1,2	3,9
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,1	0,6	0,8	1,2	18,8
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,5	0,8	1,4	4,0
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,2	0,5	0,8	1,6	5,4
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,5	0,8	1,2	4,3
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,1	0,5	0,6	1,1	4,9

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

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 16 und Tabelle 17 beschrieben, wobei die Verteilungsparameter der PFHpS-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

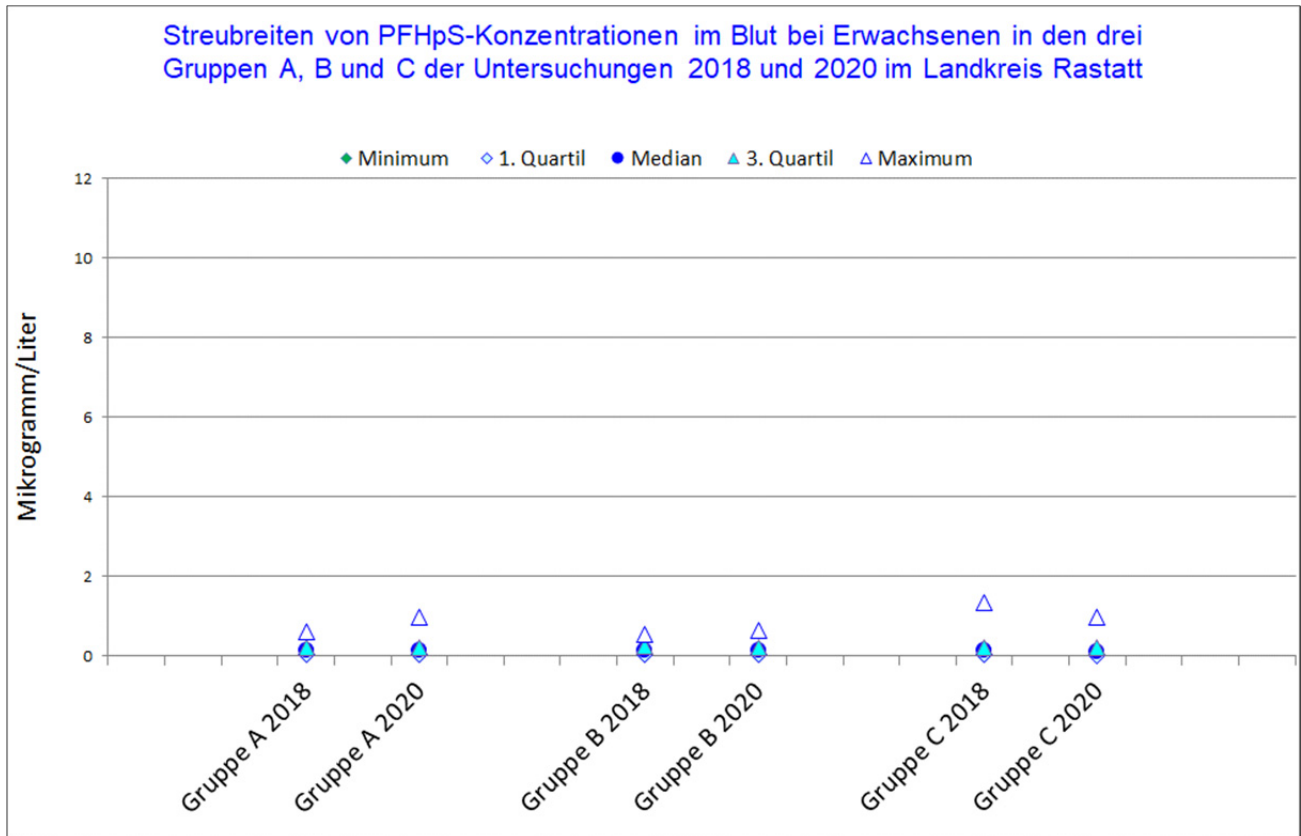


Abbildung 16: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Tabelle 17: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFHpS-Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,1	0,2	1,0
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,1	0,2	0,6
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,1	0,2	1,3
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,1	0,2	1,0

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)

Die Verteilungen der PFBS-Werte in den drei untersuchten Gruppen A, B und C sind anhand von Medianen, Minima, Maxima, ersten und dritten Quartilen in Abbildung 17 und Tabelle 18 beschrieben, wobei die Verteilungsparameter der PFBS-Konzentrationen aller untersuchten Blutproben von 2018 und 2020 dargestellt wurden.

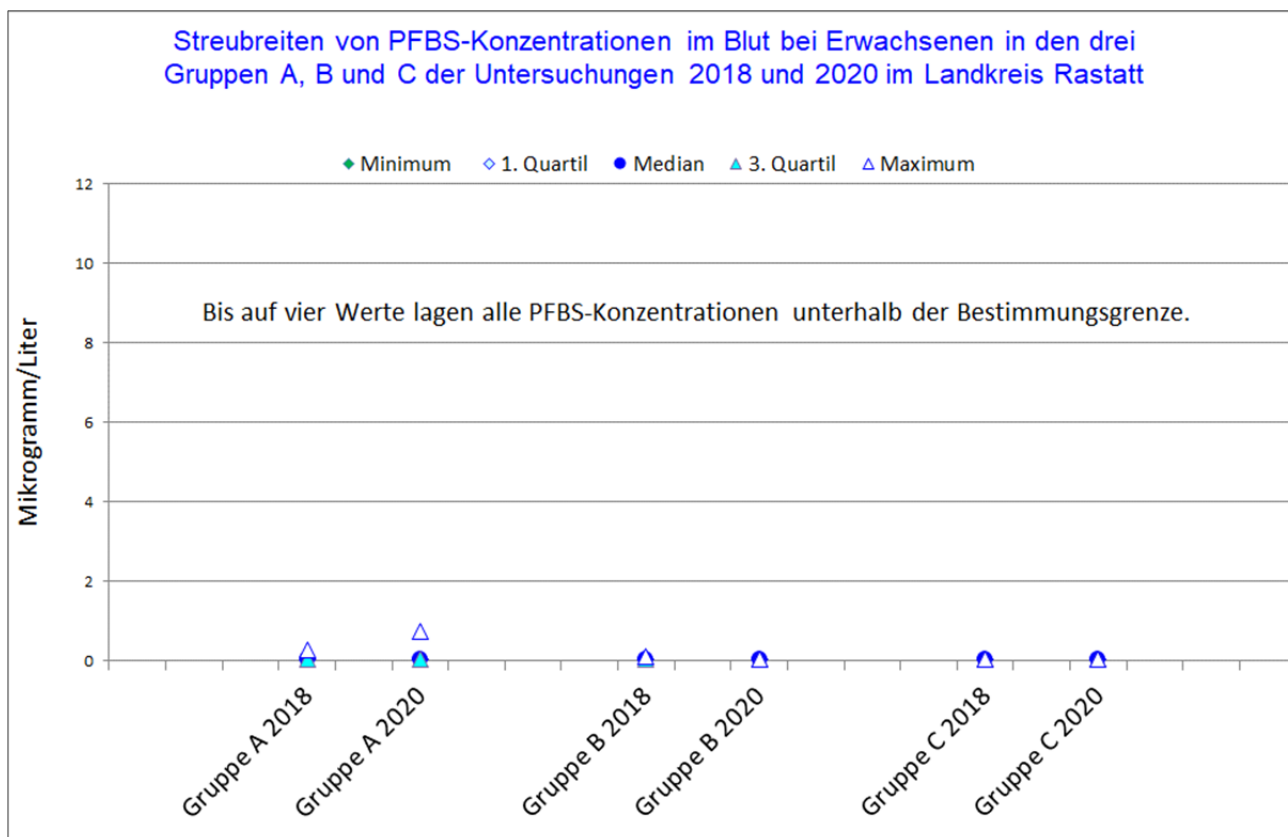


Abbildung 17: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFBS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Tabelle 18: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFBS-Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Gruppe	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum
Gruppe A U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3
Gruppe A U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,7
Gruppe B U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Gruppe B U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gruppe C U1 (alle TN 2018)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gruppe C U2 (alle TN 2020)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Die meisten PFBS-Werte lagen in beiden Untersuchungen 2018 und 2020 unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,1 Mikrogramm/Liter). In der Untersuchung 2018 gab es drei Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze (0,12; 0,17 und 0,28 Mikrogramm/Liter), in der zweiten Untersuchung 2020 lag nur ein Wert darüber (0,73 Mikrogramm/Liter).

Die Histogramme der Konzentrationen von Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluorpentansäure (PFPeA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluorundekansäure (PFUnA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) sind im Anhang zu diesem Bericht wiedergegeben.

3.3.2 Explorative Paarvergleiche weiterer PFC-Konzentrationen in Gruppe A vs. C und Gruppe B vs. C

Über den ursprünglichen Auswertungsplan hinausgehend wurden zusätzlich explorative (zweiseitige) U-Tests zu Gruppenvergleichen bei den anderen Laborparametern durchgeführt. Bei der Anzahl dieser explorativen Tests ($k=40$) waren jedoch etwa zwei „falsch positives“ Ergebnisse zu erwarten (Fehler erster Art: $\alpha=0,05$), d.h. eine Ablehnung der Nullhypothese (kein Gruppenunterschied), obwohl diese zutreffend ist und kein Unterschied zwischen den Gruppen besteht.

Die Gruppenvergleiche der PFOS-Werte zwischen den Gruppen A und C sowie zwischen den Gruppen B und C ergaben keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 19).

Die Ergebnisse von (zweiseitigen) Tests zu Gruppenvergleichen für die anderen Laborparameter sind in Tabelle 19 für beide Untersuchungen von 2018 und 2020 zusammengestellt. Bei den Tests wurden jeweils alle beobachteten Werte von 2018 oder 2020 berücksichtigt.

Die wiederholt signifikanten Ergebnisse der Wilcoxon-Tests bei PFHpA und PFDA bei den Gruppenvergleichen mit der Kontrollgruppe C sind wohl durch die etwas größere Zahl von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenzen in Gruppe C bedingt. Die Anwendung des Wilcoxon-Tests bei einer größeren Anzahl gleicher Beobachtungswerte (sog. Bindungen) ist jedoch mitunter problematisch, und die Ergebnisse sollten in solchen Fällen - wenn überhaupt - nur mit großer Vorsicht interpretiert werden. Das gilt wegen der multiplen und explorativen Testsituation auch für die anderen signifikanten Ergebnisse in der Tabelle 19.

Tabelle 19: 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)

Laborparameter	Gruppenvergleich A vs. C	Gruppenvergleich B vs. C
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) 2018	n.s.	n.s.
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) 2020	n.s.	n.s.
Perfluorpentansäure (PFPeA) 2018	n.s.	n.s.
Perfluorpentansäure (PFPeA) 2020	n.s.	n.s.
Perfluorhexansäure (PFHxA) 2018	n.s.	n.s.
Perfluorhexansäure (PFHxA) 2020	n.s.	n.s.
Perfluorheptansäure (PFHpA) 2018	■	■
Perfluorheptansäure (PFHpA) 2020	■	■
Perfluornonansäure (PFNA) 2018	n.s.	n.s.
Perfluornonansäure (PFNA) 2020	■	n.s.
Perfluordekansäure (PFDA) 2018	n.s.	■
Perfluordekansäure (PFDA) 2020	n.s.	■
Perfluorundekansäure (PFUnA) 2018	n.s.	n.s.
Perfluorundekansäure (PFUnA) 2020	n.s.	n.s.
Perfluordodekansäure (PFDoA) 2018	n.s.	n.s.
Perfluordodekansäure (PFDoA) 2020	n.s.	n.s.
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) 2018	n.s.	n.s.
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) 2020	n.s.	n.s.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) 2018	n.s.	n.s.
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) 2020	n.s.	■
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) 2018	n.s.	n.s.
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) 2020	n.s.	n.s.

■ signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit alpha=0,05

n.s. nicht signifikant

In den Histogrammdarstellungen lassen sich für die Parameter PFHpA, PFDA, PFNA und PFHxS keine größeren Gruppenunterschiede erkennen (siehe Anhang 6.5.3, Abbildungen 23a, b und c, 24a und c, 25b und c, 28b und c).

4 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Im Rahmen der Blutkontrolluntersuchungen in den Jahren 2018 und 2020 wurden bei den untersuchten Personen aus Orten mit einer früheren PFC-Belastung über das Trinkwasser (Gruppe A) höhere Konzentrationen von Perfluorooctansäure (PFOA) im Blutplasma festgestellt als bei Personen aus den anderen beiden Untersuchungsgruppen B und C.

Der Median der PFOA-Konzentrationen in Gruppe A lag 2020 insgesamt bei 12,6 Mikrogramm pro Liter (2018: 15,6 Mikrogramm pro Liter). In der Gruppe B lag der Median 2020 bei 2,4 Mikrogramm pro Liter, während 2020 in der Gruppe C eine Verteilung von PFOA-Werten mit einem Median von 1,4 Mikrogramm pro Liter gefunden wurde.

Die mittleren PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von Personen der Gruppe A lagen in der zweiten Blutkontrolluntersuchung etwa 11 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 Blutplasma, die im Mittel um etwa 1 Mikrogramm pro Liter höher lagen als in der Kontrollgruppe C.

Von 2018 bis 2020 sind die medianen PFOA-Konzentrationen im Blutplasma in der Untersuchungsgruppe A um etwa 2 bis 3 Mikrogramm pro Liter zurückgegangen. Das entspricht etwa 18 Prozent des Medians von 2018 in dieser Gruppe.

Der Median der individuellen relativen Differenzen von 2018 - 2020 in Prozent der PFOA-Werte von 2018 lag in Gruppe A bei einem Rückgang von 20 % und damit in der gleichen Größenordnung wie die prozentuale Differenz der Mediane von 2018 und 2020 von 18 %. Das Intervall vom 1. Quartil bis zum 3. Quartil der individuellen relativen PFOA-Differenzen 2018-2020 reichte in Gruppe A von 12 % bis 28 % Rückgang der PFOA-Werte (bezogen auf die jeweiligen Werte von 2018.) In einzelnen Fällen lag der relative Rückgang auch deutlich darüber.

Mit diesen Ergebnissen der Blutkontrolluntersuchung werden Resultate anderer Studien bestätigt, in denen bei PFOA Halbwertzeiten von mehreren Jahren beobachtet wurden.

In der Gruppe A war auch 2020 noch ein Zusammenhang zwischen der Menge des früheren häuslichen Trinkwasserkonsums und der Höhe der PFOA-Konzentration im Blut erkennbar. In den Gruppen B und C ließ sich ein solcher Zusammenhang nicht feststellen. Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die höheren PFOA-Werte in der Untersuchungsgruppe A im Wesentlichen auf die Exposition über den Trinkwasserkonsum zurückzuführen sind.

Die Konzentrationen von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Blut zeigten dagegen 2020 und 2018 keinen Zusammenhang mit einer Exposition über das Trinkwasser. Die Verteilungen der PFOS-Konzentrationen unterschieden sich im Median zwischen den drei untersuchten Gruppen kaum: Gruppe A: 2,2 Mikrogramm/Liter (2018: 2,4 Mikrogramm/Liter) Gruppe B: 2,5 Mikrogramm/Liter (2018: 2,7 Mikrogramm/Liter), Gruppe C: 2,5 Mikrogramm/Liter (2018: 2,6 Mikrogramm/Liter). Die höchsten Einzelwerte von PFOS-Konzentrationen wurden 2020 in den Gruppen A und C beobachtet (2018: in Gruppe C).

PFOA

Der Anteil der PFOA-Werte von 2020, die oberhalb des HBM-II-Wertes von 10 Mikrogramm/Liter lagen, war mit 66 % in Gruppe A am höchsten (Gruppe B: 0 %, Gruppe C: 0 %).

Die Anteile von PFOA-Werten oberhalb des HBM I-Wertes von 2 Mikrogramm/Liter betragen 2020: 98 % in Gruppe A, 65 % in Gruppe B und 30 % 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 den vorliegenden Blutkontrolluntersuchungen bei keiner der untersuchten Blutproben überschritten.

PFOS

Der Anteil der PFOS-Werte oberhalb des HBM-II-Wertes von 20 Mikrogramm/Liter lag in der Gruppe A bei 2 % und in den Gruppen B und C bei 1 %.

Die Anteile von PFOS-Werten oberhalb des HBM I-Wertes von 5 Mikrogramm/Liter betragen in den drei Gruppen: 12 % in Gruppe A, 19 % in Gruppe B und 25 % 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 zur Zeit keine Bewertungsmaßstäbe dazu vor, welche Konzentrationen im Blut gesundheitlich von Bedeutung sein könnten.

Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien in Bayern zeigt ähnliche Verteilungen und Mediane bei den dort untersuchten Parametern Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluordekansäure (PFDA), Perfluordodekansäure (PFDoA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) und Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS).

Bewertung

Eine Einordnung der vorliegenden Ergebnisse aus den drei untersuchten Gruppen im Vergleich zu anderen Untersuchungen ermöglicht die Abbildung 18 im Anhang 6.4.

Die im Rahmen der Blutkontrolluntersuchungen im Landkreis Rastatt gemessenen PFOA-Konzentrationen im Blutplasma und der Rückgang von 2018 bis 2020 lagen insgesamt in einem Bereich, der vergleichbar mit Untersuchungsergebnissen bei anderen PFC-Schadensfällen ist.

Nach aktuellem Wissensstand bedeuten die in der Blutkontrolluntersuchung 2020 beobachteten PFC-Werte zwar eine unerwünschte Belastung, es besteht jedoch keine unmittelbare Gesundheitsgefährdung. Die Ergebnisse neuerer epidemiologischer Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen von Belastungen mit PFOA konnten früher berichtete Assoziationen und daraus abgeleitete Hypothesen nicht immer bestätigen [1, 17, 18]. Zum Teil waren die Zusammenhänge schwächer als ursprünglich angenommen oder die vermuteten Ursache-Wirkungsbeziehungen wegen widersprüchlicher oder sehr kleiner Effekte eher fraglich. Bei der Assoziation von PFOA und Cholesterin wird in der Literatur auch eine umgekehrte Beziehung nicht ausgeschlossen, d.h. dass höhere Cholesterinwerte einen ungünstigen Einfluss auf die Ausscheidung von PFOA haben könnten (sog. reversed causality). In einem 2020 erschienenen Review stellten die Autoren unter anderem fest, dass trotz der bisher berichteten Assoziationen von PFOA und Cholesterinwerten oder anderen Laborparametern bisher keine Hinweise auf Zusammenhänge mit Herz-Kreislaufkrankungen, Leberkrankheiten oder Infektionserkrankungen gefunden wurden [19]. Diese Aussagen stützen sich u.a. auf längere Beobachtungen einer Bevölkerungsgruppe, die Belastungen mit PFOA über das Trinkwasser ausgesetzt war

Auch in einer Studie mit Kleinkindern in Deutschland konnte kein Einfluss von PFOA auf Cholesterinwerte oder Infektionen im ersten Lebensjahr festgestellt werden [23].

Ausblick

Die Ergebnisse der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2020 werden mit diesem Bericht veröffentlicht. Alle Personen, die an den bisherigen Untersuchungen teilgenommen haben, werden im Jahr 2023 vom Gesundheitsamt Rastatt erneut zur Teilnahme und Abgabe einer Blutprobe eingeladen, um die weitere Entwicklung der PFC-Konzentrationen im Blutplasma – insbesondere der PFOA-Konzentrationen – zu analysieren und einschätzen zu können.

5 Literatur

- [1] Umweltbundesamt:
HBM-II-Werte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in Blutplasma – Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl 2020 (63), S. 356-360
- [2] 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
- [3] HBM-Kommission (2014) Kommission "HumanBiomonitoring" des Umweltbundesamtes: Grundsatzpapier zur Ableitung von HBM-Werten. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 57(1):138–147
- [4] Umweltbundesamt:
Stellungnahme der Kommission Humanbiomonitoring des Umweltbundesamtes: Referenzwerte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Blutplasma. Bundesgesundheitsbl 2009 (52), S. 878-885
- [5] Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: MAK- und BAT-Werte-Liste 2018, Mitteilung 54. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Wiley 2018
- [6] Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: MAK- und BAT-Werte-Liste 2020, Mitteilung 56. Deutsche Forschungsgemeinschaft, German Medical Science, 2020, Düsseldorf
https://series.publisso.de/sites/default/files/documents/series/mak/lmbv/Vol2020/Iss1/Doc001/mbwl_2020_deu.pdf
- [7] Gledhill A, Kärman 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
- [8] 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.
- [9] Weiß C (2013): Basiswissen Medizinische Statistik. Springer-Verlag, 6. Auflage 2013

- [10] 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/>
- [11] 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.
- [12] Midasch O, Schettgen T, Angerer J (2006m): Pilot study on the perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate exposure of the German general population. *Int J Hyg Environ Health*. 2006, 209(6), S. 489-96.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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
- [16] Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (2018): Human-Biomonitoring von perfluorierten Substanzen in Teilen des Landkreises Altötting – Abschlussbericht. LGL Bayern, München, Juli 2018
- [17] European Food Safety Authority (2018): Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal*, Dec 2018, 16, 5194, 284pp ; <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5194>
- [18] European Food Safety Authority (EFSA CONTAM Panel): Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *Scientific Opinion*, EFSA Journal, 09.07.2020, doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6223>
- [19] Steenland K, Fletcher T, Stein CR, Bartell SM, Darrow L, Lopez-Espinosa M-J, Ryan PB, Savitz DA (2020): Review: Evolution of evidence on PFOA and health following the assessment of the C8 Science Panel. *Environment International* 145, September 2020
- [20] Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (2019): Ergebnisse der PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2018. Stuttgart, Februar 2019
- [21] Li Y, Barregard L, Xu Y, Scott K, Pineda D, Lindh CH, Jakobsson K, Fletcher T (2020): Associations between perfluoroalkyl substances and serum lipids in a Swedish adult population with contaminated drinking water. *Environmental Health* 2020 (19)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7071576>

[22] Loisse J, Rijkers D, Stoop G, Janssen A, Staats M, Hogenboom R, Kersten S, Peijnenburg A (2020): Perfluorooctanic acid (PFOA), perfluorooctanic sulfonic acid (PFOS), and perfluorononanoic acid (PFNA) increase triglyceride levels and decrease cholesterologenic gene expression in human HepaRG liver cells. Arch. of Toxicology 94, S. 3137-3155

[23] Abraham K, Mielke H, Fromme H, Völkel W, Menzel J, Peiser M, Zepp F, Willich SN, Weikert C (2020): Internal exposure to perfluoroalkyl substances (PFASs) and biological markers in 101 healthy 1-year-old children: associations between levels of perfluorooctanoic acid (PFOA) and vaccine response. Arch. Toxicol. 2020 (94), S. 2131-2147

[24] Umweltbundesamt (2021): Ergänzung der Empfehlung „Umgang mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) im Trinkwasser“ vom 26. August 2020 - Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission. UBA, 06.07.2021, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/twk_210706_empfehlung_pfas.pdf

[25] Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (2019): Ergebnisse der PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2018. https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/msm/intern/downloads/Downloads_Gesundheitsschutz/Bericht_PFC-BlutkontrolluntersuchungLKRastatt_2018.pdf

[26] Umweltbundesamt (2021): Referenzwerte (RV95) für PFOA, PFOS und PFHxS im Blutplasma. (letzte Aktualisierung: 28.06.2021) https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/tab._referenzwerte_-_pfas_28.06.2021_aktualisiert.pdf

6 Anhang

Anhang 6.1: Glossar verwendeter Fachbegriffe	67
Anhang 6.2: Abbildungsverzeichnis	68
Anhang 6.3: Tabellenverzeichnis	71
Anhang 6.4: Spannweiten (Minima bis Maxima) von PFOA-Konzentrationen im Blut bei Erwachsenen in verschiedenen Untersuchungen in Deutschland.....	73
Anhang 6.5: Weitere Auswertungsergebnisse	74
Anhang 6.5.1: Spannweiten der Laborergebnisse 2018 und 2020 zu PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFBS, PFHxS und PFHpS.	74
Anhang 6.5.2: Histogramme der PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 in Gruppe A.....	75
Anhang 6.5.3: Histogramme weiterer PFC-Konzentrationen in den drei untersuchten Gruppen.....	76
Anhang 6.5.4: Übersicht über die Minima, Maxima und Mediane der PFOA-Werte 2020 in Gruppe B getrennt nach Häufigkeit des Verzehrs von Gemüse	87
Anhang 6.5.5: Veränderung der PFOA-Konzentrationen 2018 - 2020 in den Gruppen (gleiche Skalierung).....	88
Anhang 6.5.6: Scattergramme der PFOA-Werte 2018 versus 2020 nach Gruppen (gleiche Skalierung)	90
Anhang 6.6: Fragebogen zur Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2020.....	92

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 % der beobachteten Werte.

Median (2. Quartil): Unterhalb dieses Wertes liegen 50 % der beobachteten Werte.

3. Quartil: Unterhalb dieses Wertes liegen 75 % 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 1a und b: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 und 2020 untersuchten Personen aus 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; 1a – alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer 2018 und 2020, 1b – nur Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben.

Abbildung 2a, 2b und 2c: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (2a – Gruppe A, 2b – Gruppe B, 2c – Gruppe C), Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 3a und b: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Einzelwertdifferenzen von PFOA₂₀₁₈ - PFOA₂₀₂₀ in Mikrogramm pro Liter getrennt nach Gruppen (3a – Gruppe A, 3b – Gruppe B), Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 3c: Darstellung der Verteilungen der PFOA-Einzelwertdifferenzen von PFOA₂₀₁₈ - PFOA₂₀₂₀ in Mikrogramm pro Liter in Gruppe C, Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 4a und b: Darstellung der Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in den Gruppen A und B; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 4c: Darstellung der Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in der Gruppe C; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 5a und b: Streudiagramme (Scattergramme) der PFOA-Konzentrationen von 2018 (abgetragen auf der x-Achse) und 2020 (abgetragen auf der y-Achse) in den Gruppen A und B; jeder Punkt steht für eine Person, die an beiden Untersuchungen teilgenommen hat. Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,83 in Gruppe A und bei 0,90 in Gruppe B. Die Skalierung der Achsen in den beiden Abbildungen ist unterschiedlich.

Abbildung 5c: Streudiagramm (Scattergramm) der PFOA-Konzentrationen von 2018 (abgetragen auf der x-Achse) und 2020 (abgetragen auf der y-Achse) in der Gruppe C; jeder Punkt steht für eine Person, die an beiden Untersuchungen teilgenommen hat. Das Bestimmtheitsmaß lag in der Gruppe C bei 0,91.

Abbildung 6a: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der im Jahr 2020 untersuchten Personen aus der Gruppe A getrennt nach der Menge des früheren Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml).

Abbildung 6b und c: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blut der im Jahr 2020 untersuchten Personen aus den Gruppen B und C getrennt nach Menge des früheren Trinkwasserkonsums in Gläsern (1 Glas entspricht ca. 200 ml); 6b - Gruppe B, 6c - Gruppe C

Abbildung 7a und b: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der PFOS-Konzentrationen im Blutplasma von 2018 und 2020 untersuchten Personen aus 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; 1a - alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer 2018 und 2020, 1b - nur Personen, die an beiden Untersuchungen teilgenommen haben.
Abbildung 8: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 9: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHxA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 10: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilung der PFHpA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 11: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 12: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 13: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 14: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 15: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 16: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildung 17: Minima, Maxima, Mediane und Quartile der Verteilungen der PFBS-Konzentrationen im Blut der untersuchten Personen aus den drei Gruppen A, B und C.

Abbildungen im Anhang:

Abbildung 18: 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 19a und b: 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 und 2020, alle Blutproben). Die Minima lagen meist in der Nähe der Bestimmungsgrenzen. Alle Angaben (auf der y-Achse) in Mikrogramm pro Liter.

Abbildung 20a und b: Histogramme der PFOA-Konzentrationen in den untersuchten Blutproben von Personen aus der Gruppe A von 2018 und 2020 im Vergleich; 20a – Daten von 2018, 20b – Daten von 2020. Alle Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter.

Abbildung 21a, 21b und 21c: Darstellung der Verteilungen der PFOS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (21a – Gruppe A, 21b – Gruppe B, 21c – Gruppe C), Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 22a, 22b und 22c: Darstellung der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (22a – Gruppe A, 22b – Gruppe B, 22c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter; Bestimmungsgrenze 2020: 0,3 Mikrogramm/Liter (gegenüber 2018: 0,4 Mikrogramm/Liter geändert)

Abbildung 23a, 23b und 23c: Darstellung der Verteilungen der PFHpA-Konzentrationen 2020 im Blutplasma getrennt nach Gruppen (23a – Gruppe A, 23b – Gruppe B, 23c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 24a, 24b und 24c: Darstellung der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (24a – Gruppe A, 24b – Gruppe B, 24c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 25a, 25b und 25c: Darstellung der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (25a – Gruppe A, 25b – Gruppe B, 25c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 26a, 26b und 26c: Darstellung der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (26a – Gruppe A, 26b – Gruppe B, 26c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 27a, 27b und 27c: Darstellung der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (27a – Gruppe A, 27b – Gruppe B, 27c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 28a, 28b und 28c: Darstellung der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (28a – Gruppe A, 28b – Gruppe B, 28c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 29a, 29b und 29c: Darstellung der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (29a – Gruppe A, 29b – Gruppe B, 29c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 30a, 30b und 30c: Darstellung der Verteilungen der PFBS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (30a – Gruppe A, 30b – Gruppe B, 30c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Abbildung 31a und b: Andere Darstellung der Abbildungen 4a und b mit gleicher Skalierung; Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in den Gruppen A und B; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf den y-Achsen in Mikrogramm/Liter

Abbildung 31c: Andere Darstellung der Abbildung 4c mit gleicher y-Skalierung wie in den Abbildungen 31a und b; Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in der Gruppe C; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm/Liter

Abbildung 32a und b: Andere Darstellung der Abbildungen 5a und b mit gleicher y-Skalierung; Streudiagramme (Scattergramme) der PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 in den Gruppen A und B; Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,83 in Gruppe A und bei 0,90 in Gruppe B.

Abbildung 32c: Andere Darstellung der Abbildung 5c mit gleicher y-Skalierung wie in den Abbildungen 32a und b; Streudiagramme (Scattergramme) der PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 in der Gruppe C. Das Bestimmtheitsmaß lag in Gruppe C bei 0,91.

Anhang 6.3: Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der in der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt vom Labor bestimmten Parameter mit den jeweiligen Bestimmungsgrenzen von 2020 (LOQ: limit of quantification) und Präzisionsangaben

Tabelle 2: Anzahl (N_{2020}) der untersuchten Personen in den Gruppen A, B und C, die an der Untersuchung 2020 teilgenommen haben, und Anzahl ($N_{2020 \text{ und } 2018}$) der Personen, die an beiden Untersuchungen 2018 und 2020 teilgenommen haben, sowie Anzahl (N_{2018}) der Personen, die an der ersten Untersuchung 2018 teilgenommen haben

Tabelle 3: Geschlechtsverteilung der Personen, die an der Untersuchung 2020 teilgenommen haben, in den Gruppen A, B und C

Tabelle 4: Verteilung der 2020 untersuchten Personen in den Gruppen A, B und C nach Alter

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

Tabelle 6: Vergleich der Minima, Maxima, **Mediane** und Quartile der PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zwischen den Untersuchungsgruppen **A**, B und C (Auszug aus Tabelle 5)

Tabelle 7: Ergebnisse der einseitigen Wilcoxon-Zwei-Stichprobentests (U-Tests) zum Vergleich der Laborergebnisse zu PFOA in den Gruppen A und C sowie in den Gruppen B und C, Daten von 2018 und 2020 (Software: SAS Institute, Raleigh, North Carolina)

Tabelle 8: PFOA2018-PFOA2020: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFOA-Differenzen zwischen 2018 und 2020 getrennt nach Untersuchungsgruppen

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

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

Tabelle 11: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFHpA -Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

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

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

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

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

Tabelle 16: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFHxS-Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Tabelle 17: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFHpS-Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Tabelle 18: Minima, Maxima, Quartile [$\mu\text{g/l}$] der PFBS-Konzentrationen im Blutplasma nach Untersuchungsjahr und Gruppe

Tabelle 19: 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

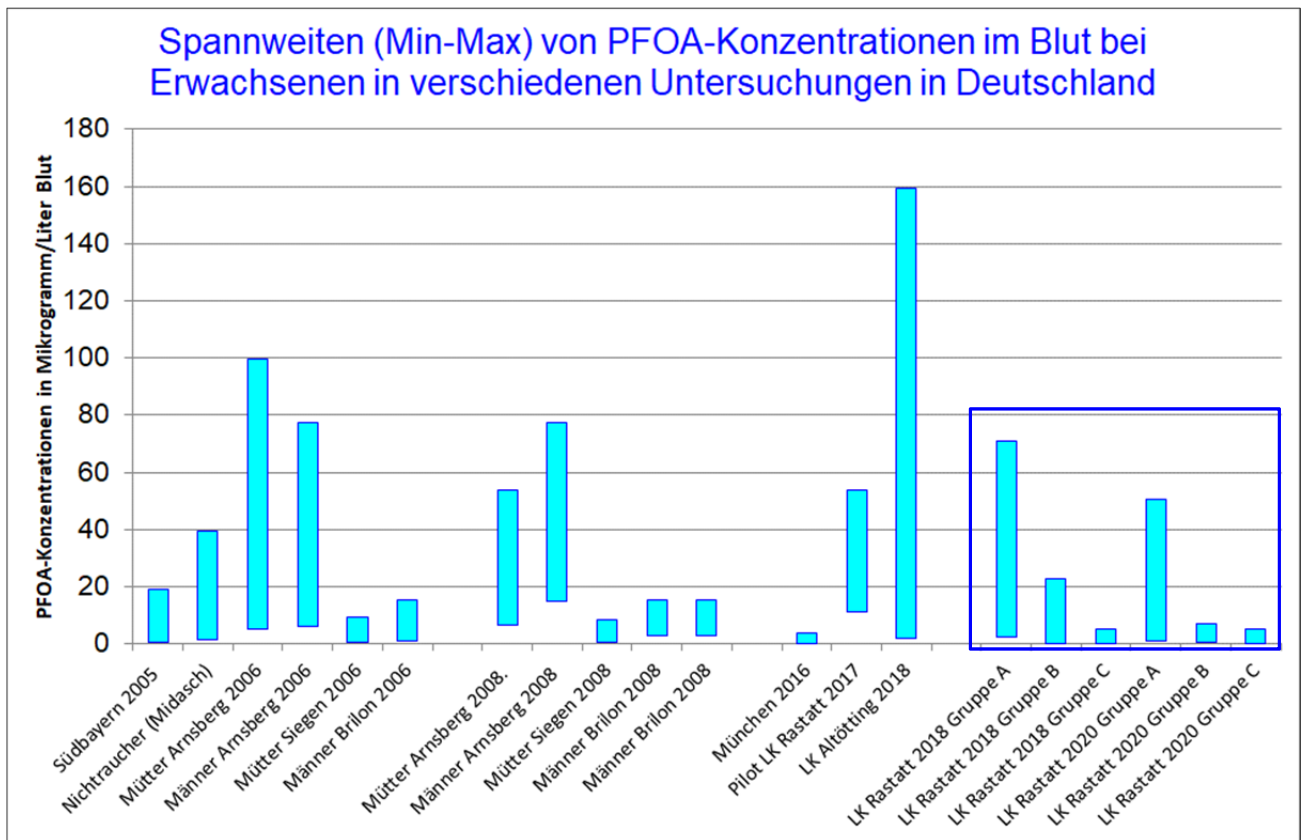


Abbildung 18: Spannweiten (Minima bis Maxima) von PFOA-Konzentrationen im Blut bei Erwachsenen in verschiedenen Untersuchungen in Deutschland einschließlich der Ergebnisse für die drei Gruppen A, B und C aus der Blutkontrolluntersuchung 2018 im Landkreis Rastatt: **Gruppe A:** Kuppenheim / Gernsbach-Kernstadt, **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 Altötting – 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 weiterer Laborergebnisse 2018 und 2020

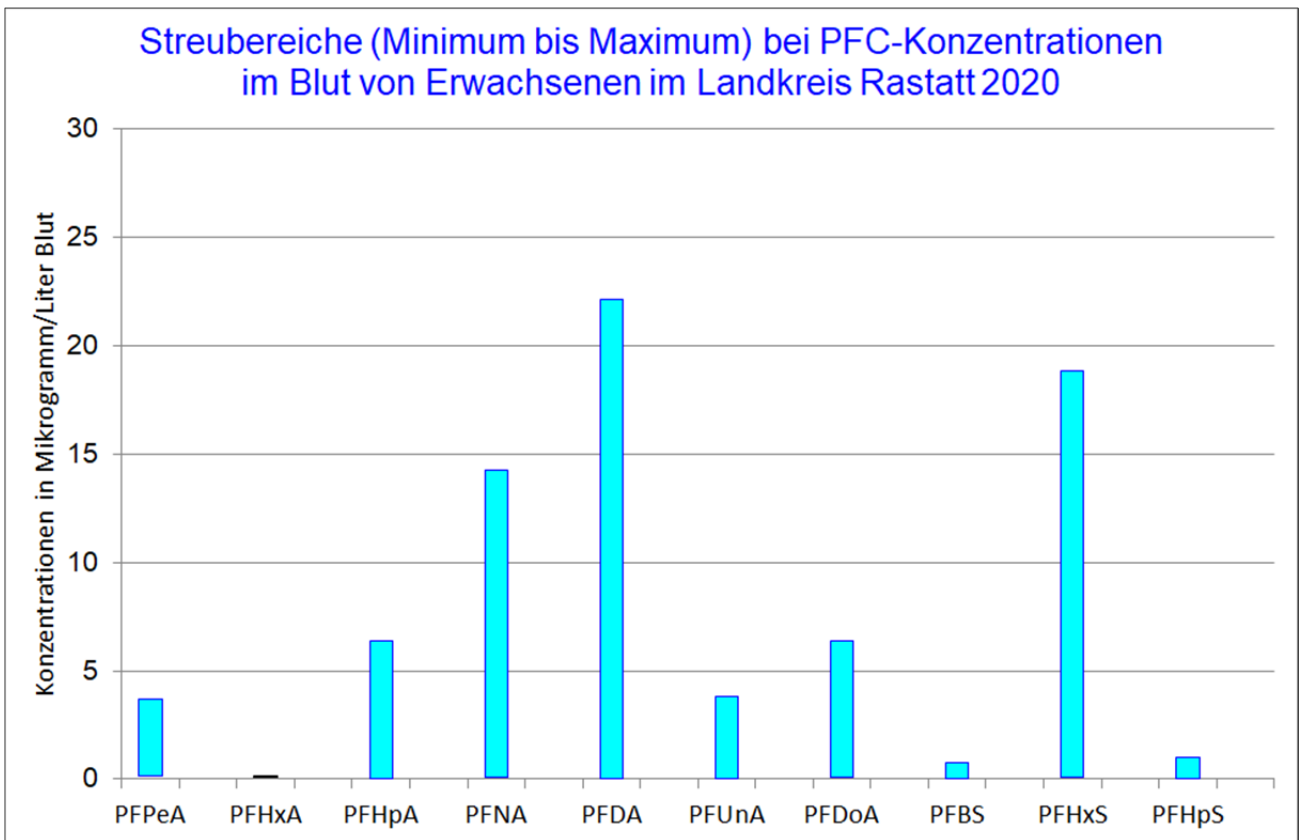
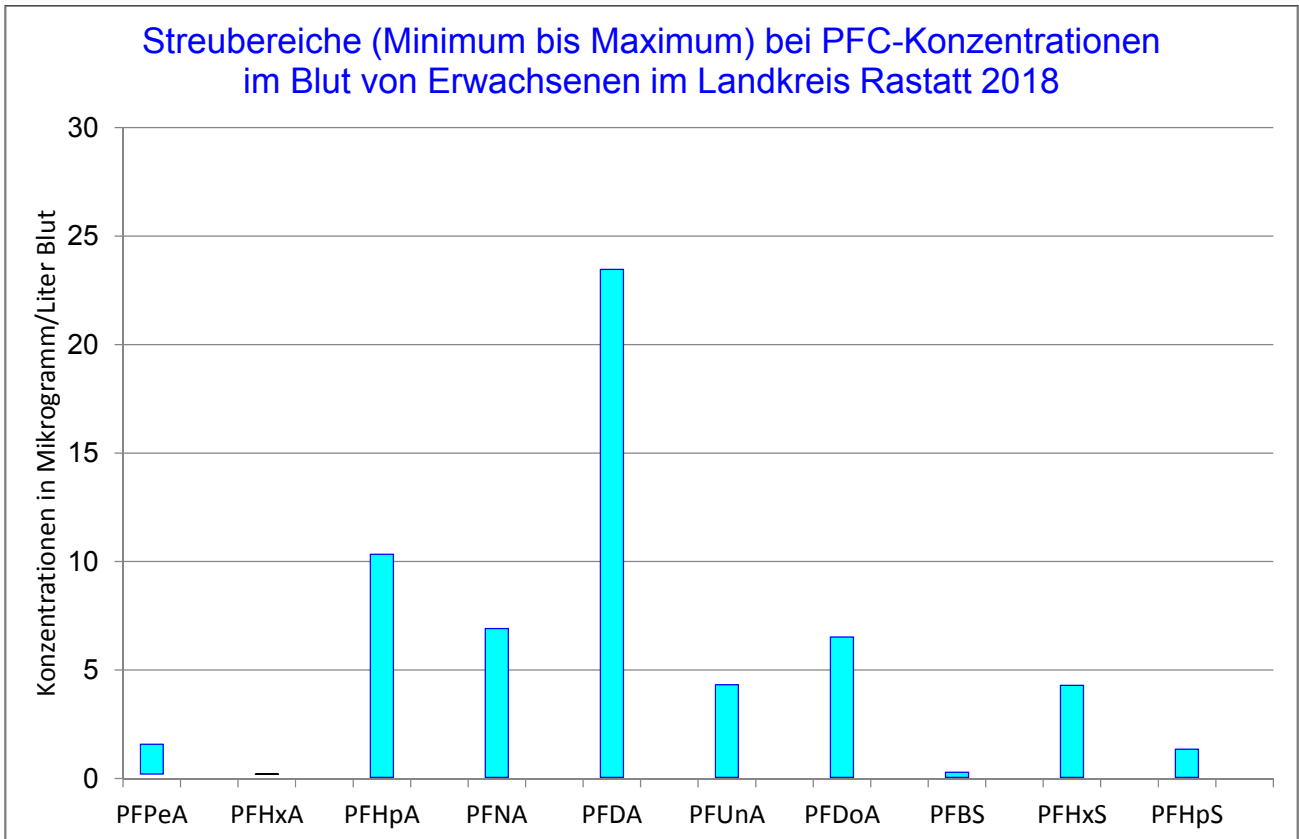


Abbildung 19a und b: Spannweiten (Minima bis Maxima) der PFC-Konzentrationen von PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFBS, PFHxS und PFHpS in den untersuchten Blutproben von Erwachsenen im Landkreis Rastatt (2018 und 2020, alle Blutproben). Die Minima lagen meist in der Nähe der Bestimmungsgrenzen. Alle Angaben (auf der y-Achse) in Mikrogramm pro Liter.

Anhang 6.5.2: Histogramme der PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 in Gruppe A

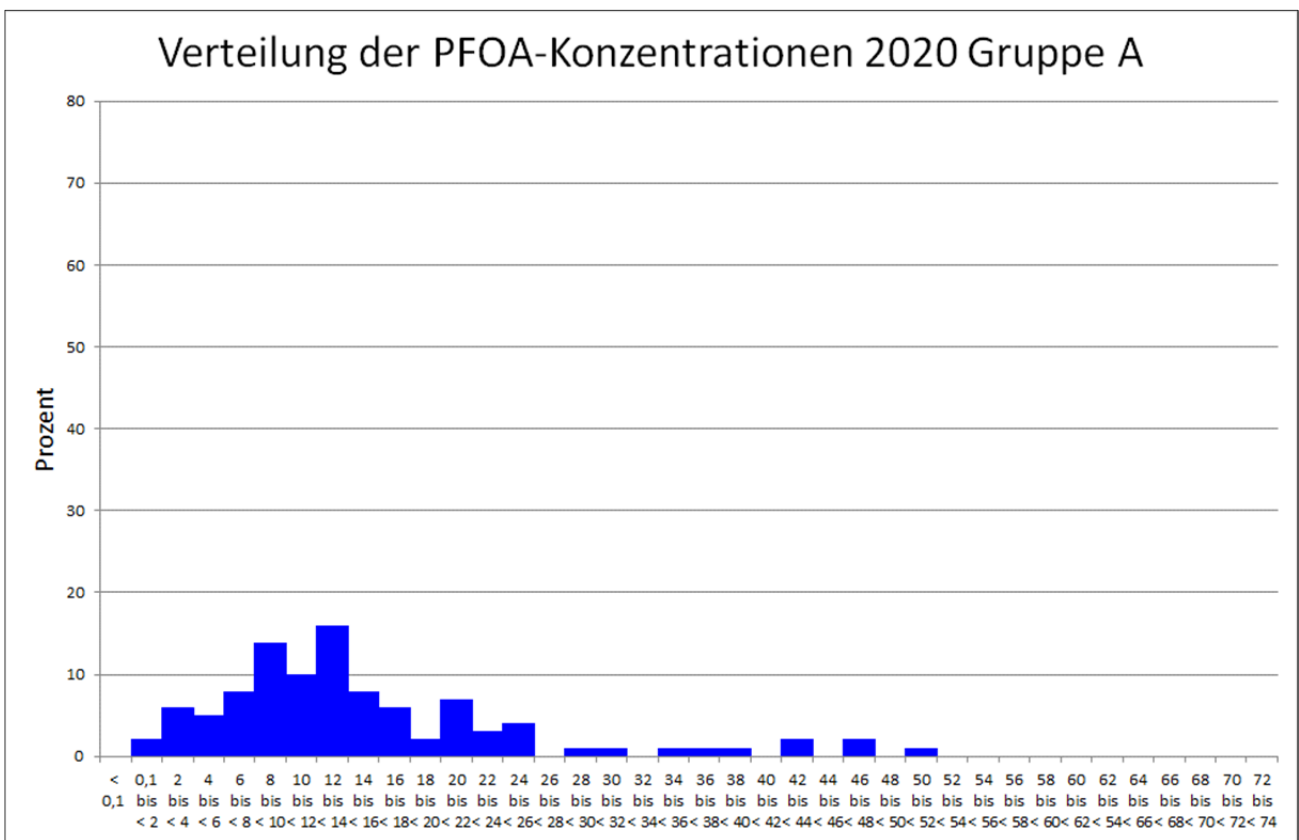
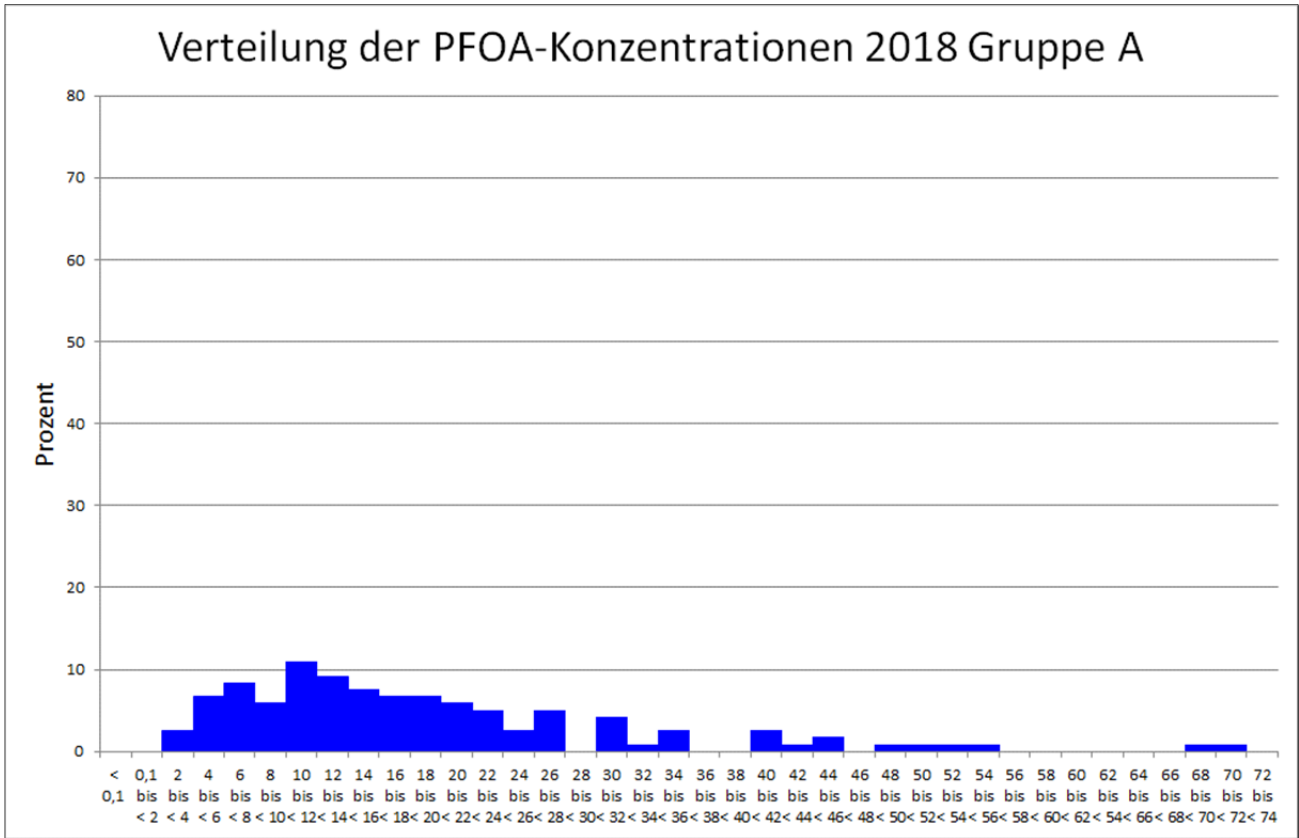


Abbildung 20a und b: Histogramme der PFOA-Konzentrationen in den untersuchten Blutproben von Personen aus der Gruppe A von 2018 und 2020 im Vergleich; 20a - Daten von 2018, 20b - Daten von 2020. Alle Angaben auf der x-Achse in Mikrogramm pro Liter.

Anhang 6.5.3:

Histogramme weiterer PFC-Konzentrationen in den drei untersuchten Gruppen

Zur näheren Betrachtung der Verteilungen werden in diesem Abschnitt die Histogramme der anderen Untersuchungsparameter getrennt nach den drei Untersuchungsgruppen A, B und C dargestellt. Die entsprechenden Histogrammdarstellungen für PFOA sind im Abschnitt 3.2.2 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.

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) 2020

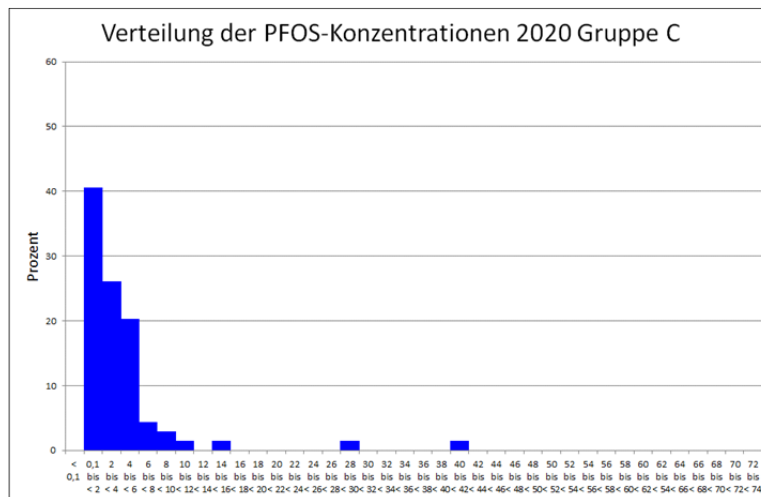
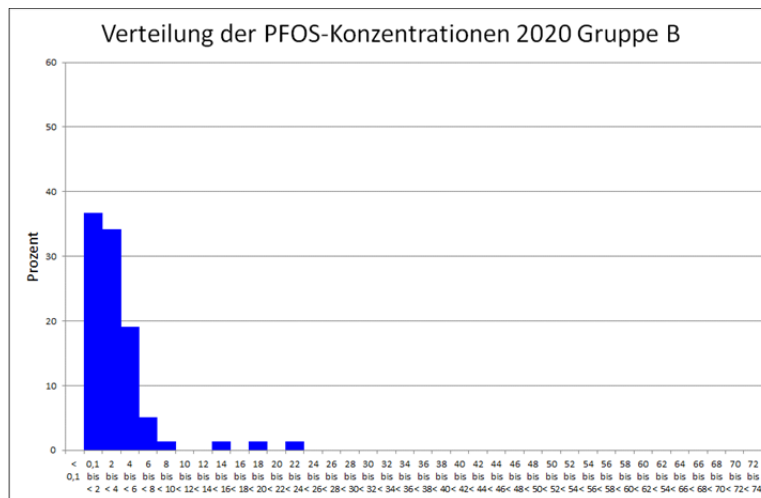
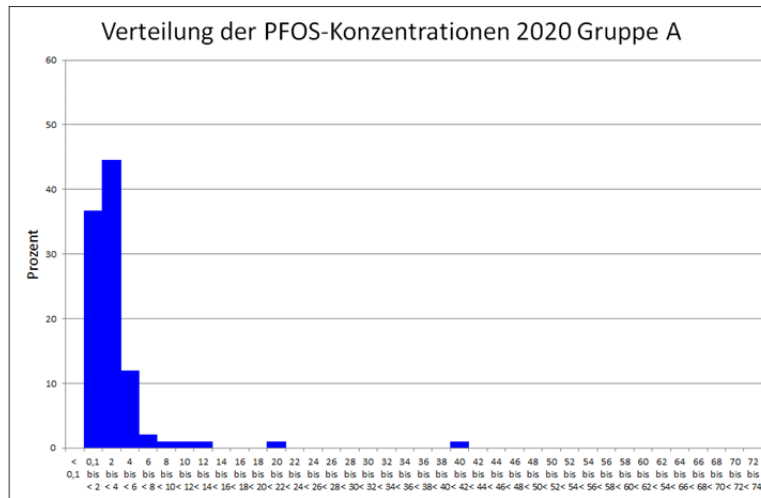


Abbildung 21a, 21b und 21c: Darstellung der Verteilungen der PFOS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (21a – Gruppe A, 21b – Gruppe B, 21c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluorpentansäure (PFPeA) 2020

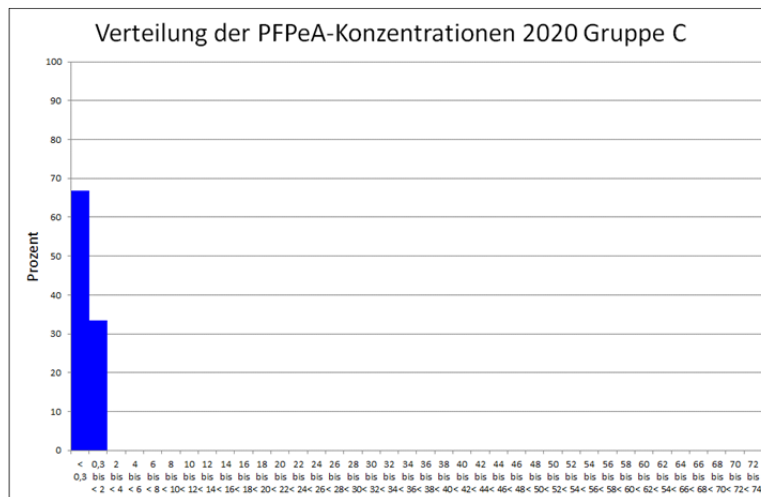
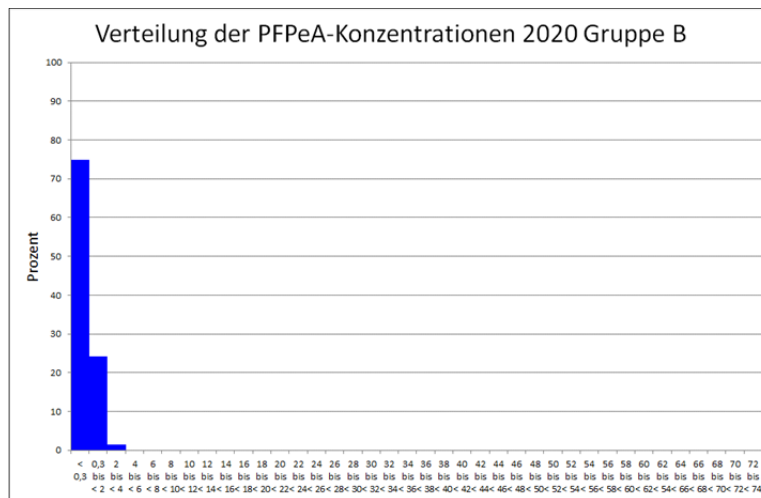
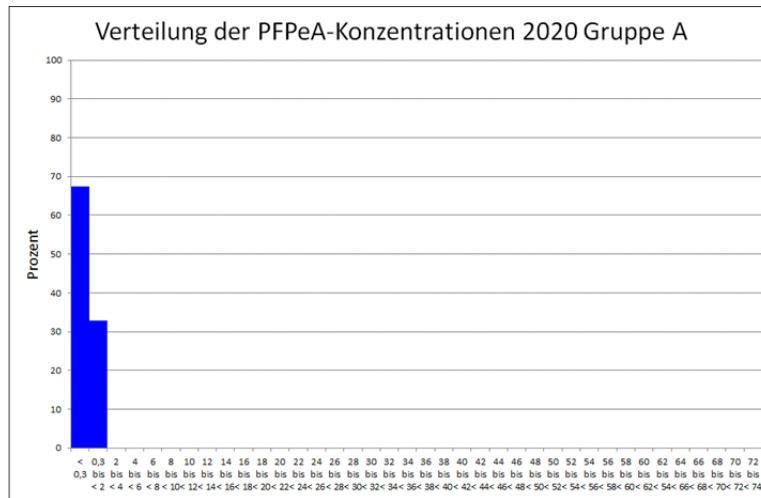


Abbildung 22a, 22b und 22c: Darstellung der Verteilungen der PFPeA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (22a – Gruppe A, 22b – Gruppe B, 22c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter; Bestimmungsgrenze 2020: 0,3 Mikrogramm/Liter (gegenüber 2018: 0,4 Mikrogramm/Liter geändert)

Perfluorhexansäure (PFHxA) 2020

Da alle beobachteten PFHxA-Werte auch 2020 unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,3 Mikrogramm/Liter) lagen, wurde hier auf die Histogrammdarstellungen verzichtet.

Perfluorheptansäure (PFHpA) 2020

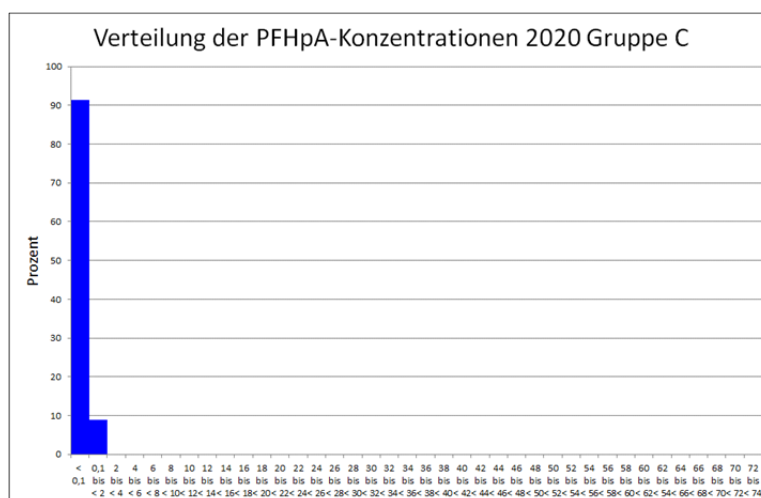
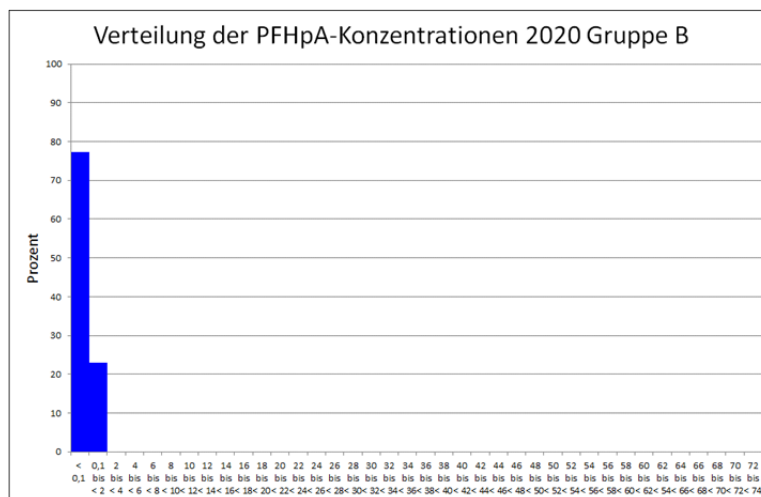
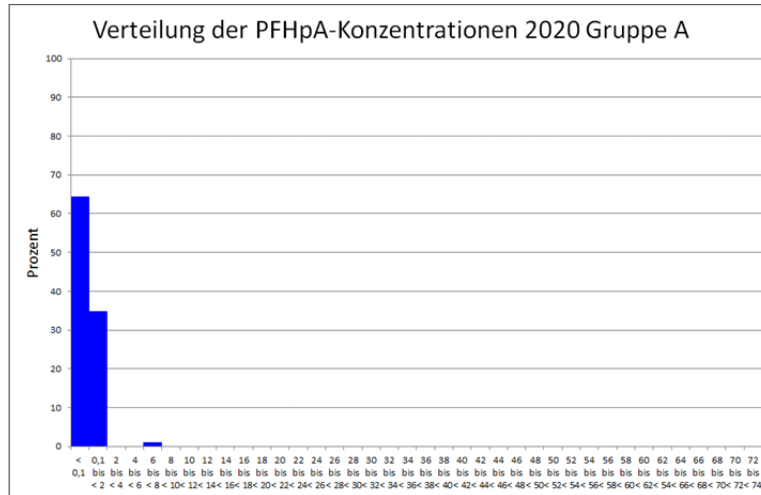


Abbildung 23a, 23b und 23c: Darstellung der Verteilungen der PFHpA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (23a – Gruppe A, 23b – Gruppe B, 23c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluorononansäure (PFNA) 2020

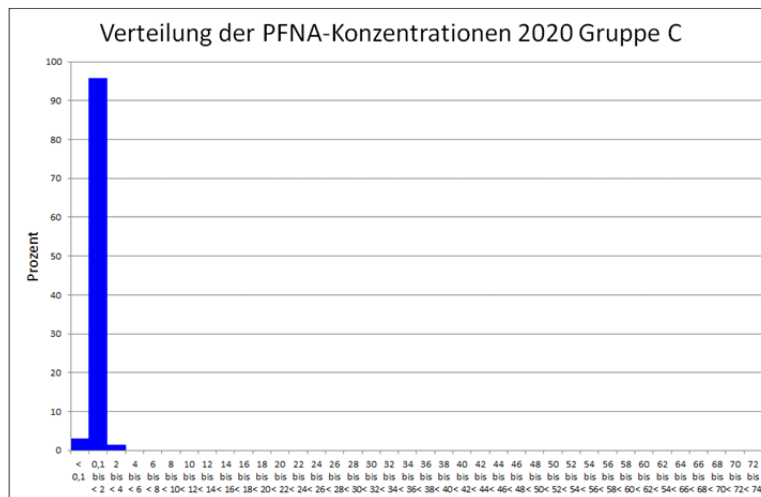
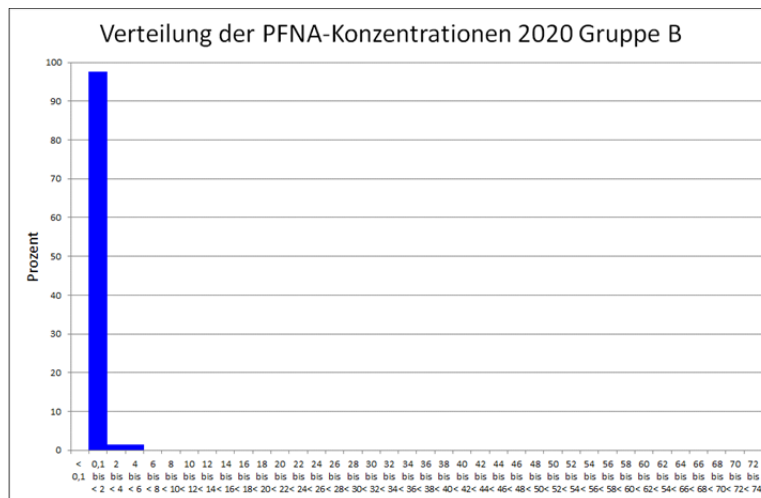
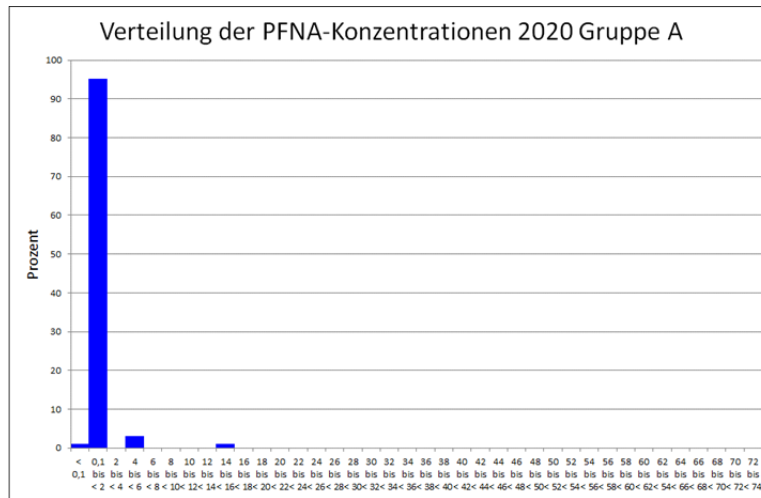


Abbildung 24a, 24b und 24c: Darstellung der Verteilungen der PFNA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (24a – Gruppe A, 24b – Gruppe B, 24c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluordekansäure (PFDA) 2020

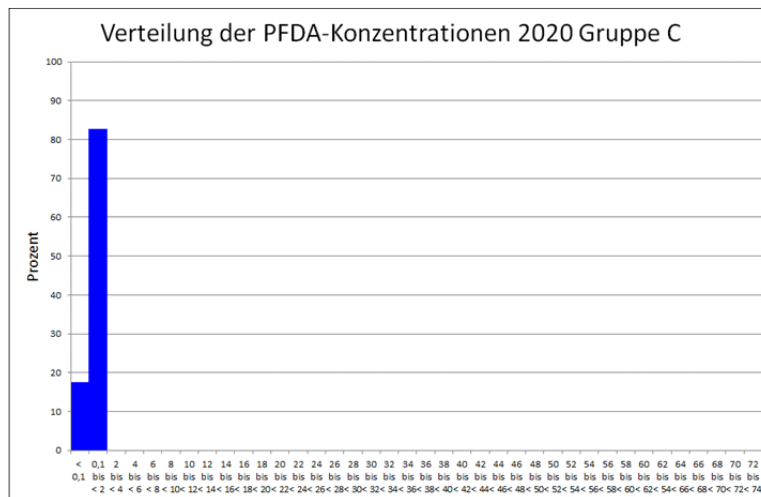
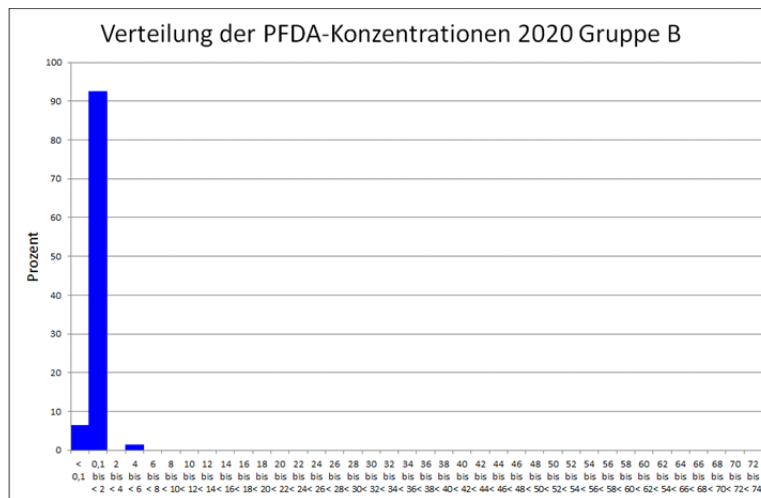
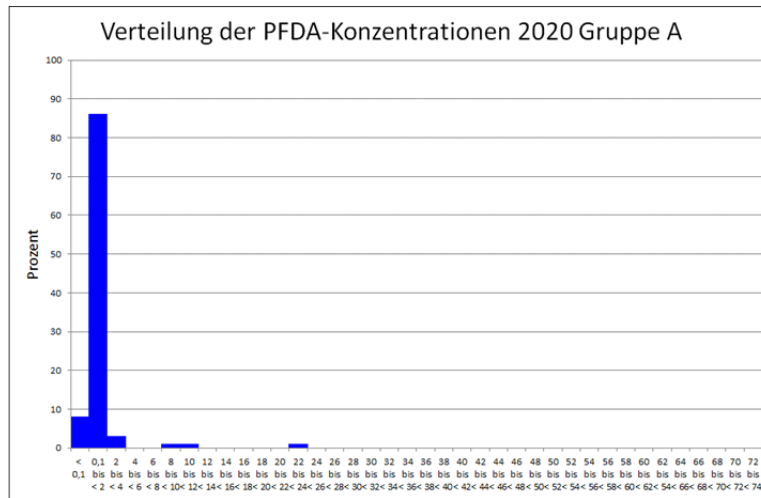


Abbildung 25a, 25b und 25c: Darstellung der Verteilungen der PFDA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (25a – Gruppe A, 25b – Gruppe B, 25c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluorundekansäure (PFUnA) 2020

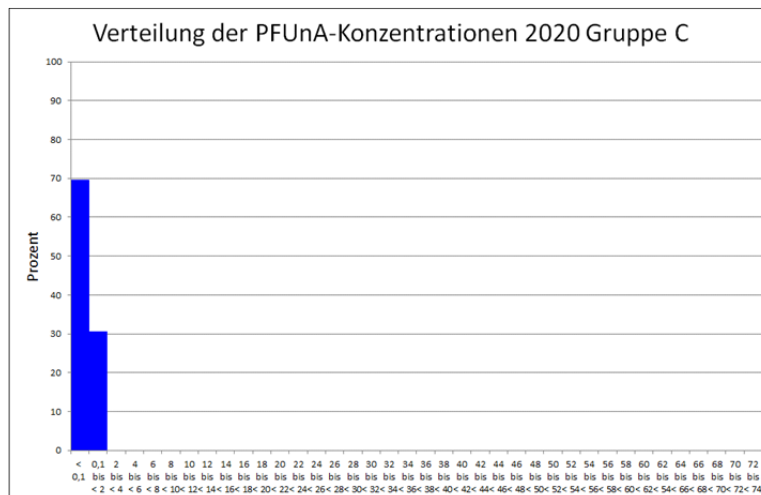
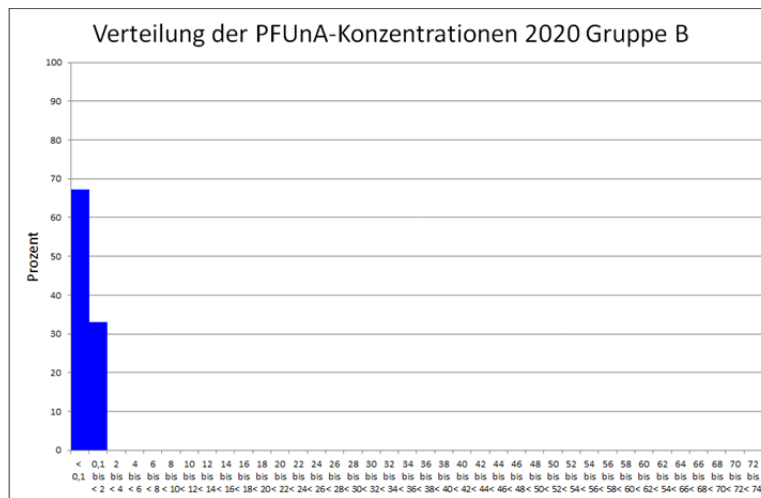
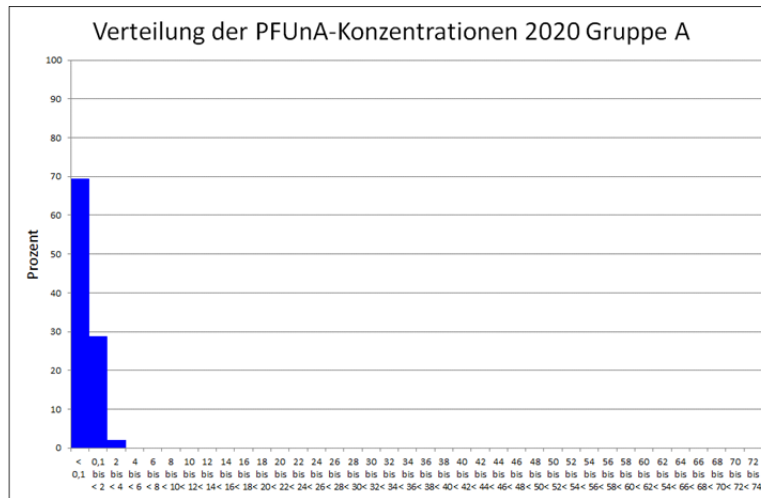


Abbildung 26a, 26b und 26c: Darstellung der Verteilungen der PFUnA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (26a – Gruppe A, 26b – Gruppe B, 26c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluordodekansäure (PFDoA) 2020

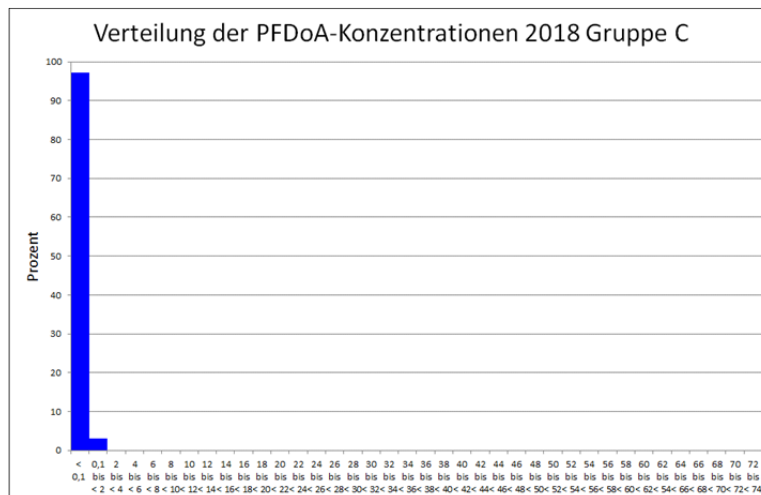
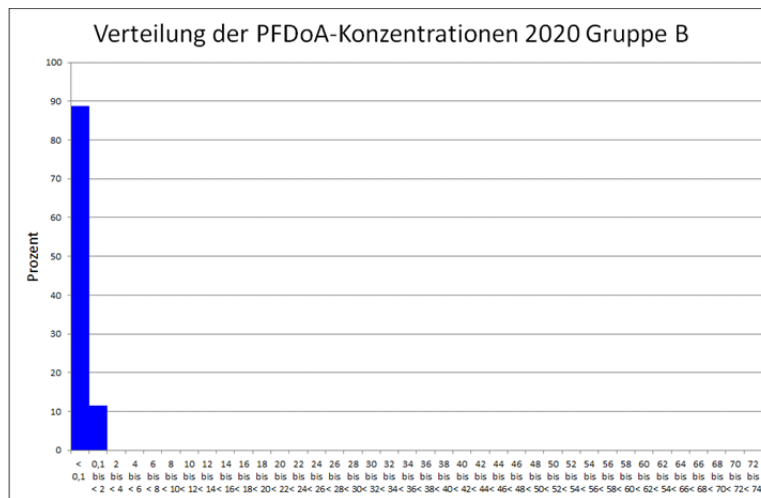
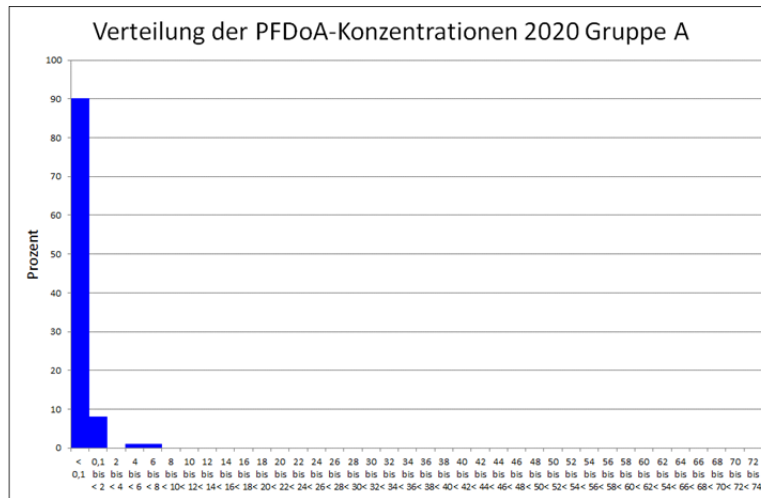


Abbildung 27a, 27b und 27c: Darstellung der Verteilungen der PFDoA-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (27a – Gruppe A, 27b – Gruppe B, 27c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)

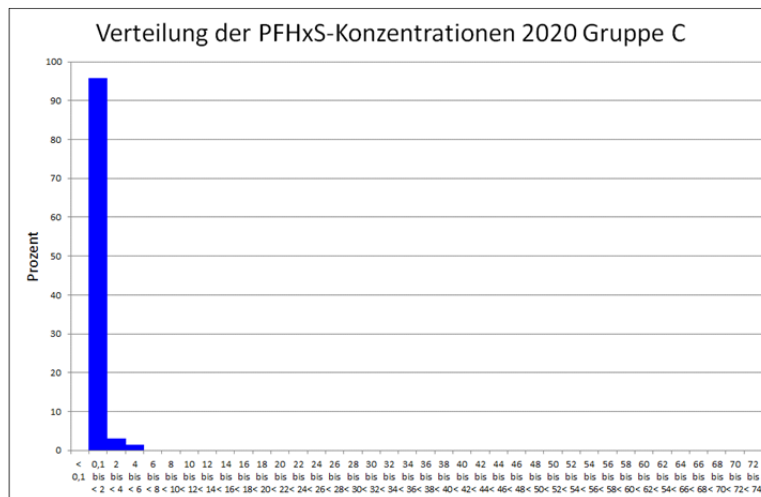
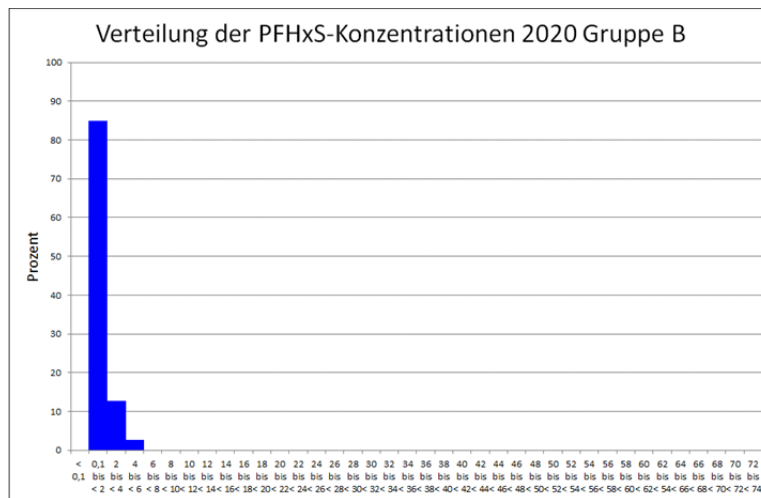
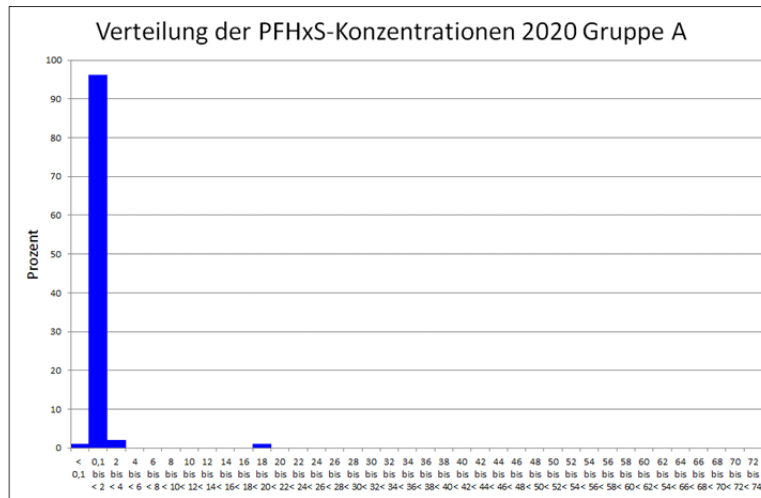


Abbildung 28a, 28b und 28c: Darstellung der Verteilungen der PFHxS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (28a – Gruppe A, 28b – Gruppe B, 28c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) 2020

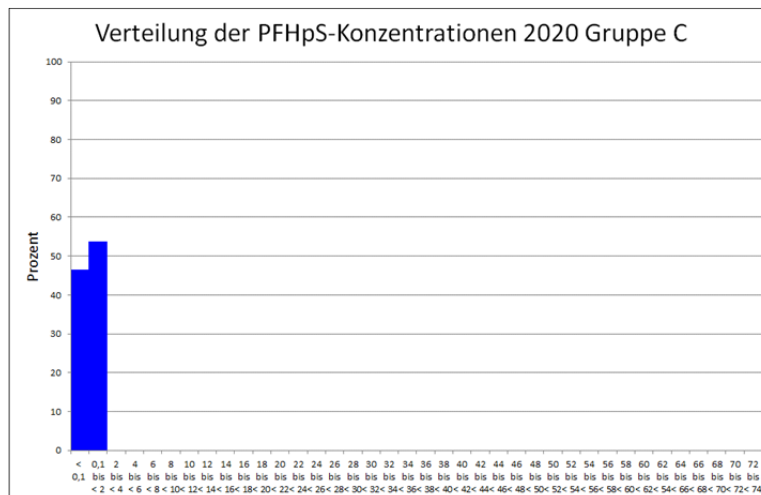
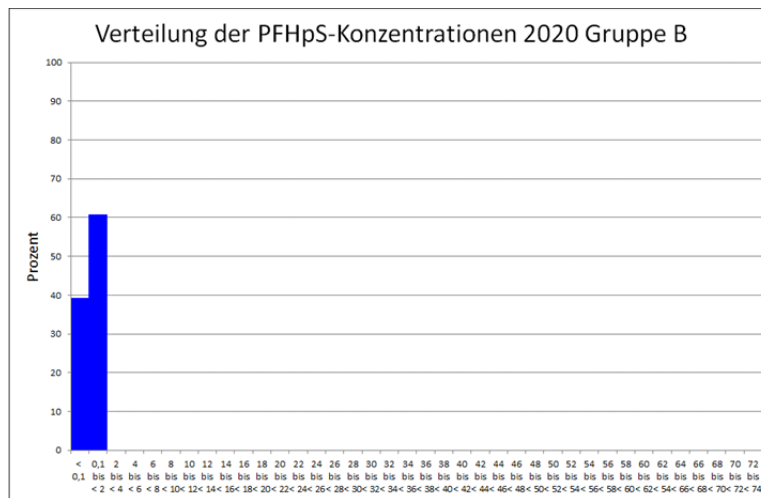
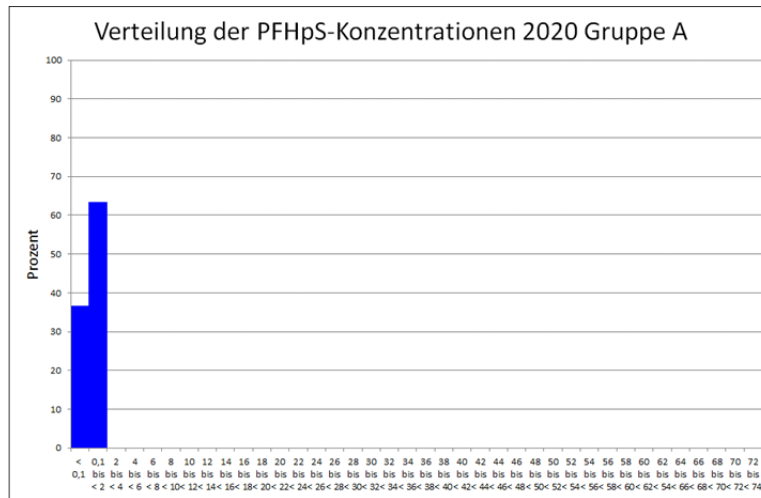


Abbildung 29a, 29b und 29c: Darstellung der Verteilungen der PFHpS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (29a – Gruppe A, 29b – Gruppe B, 29c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) 2020

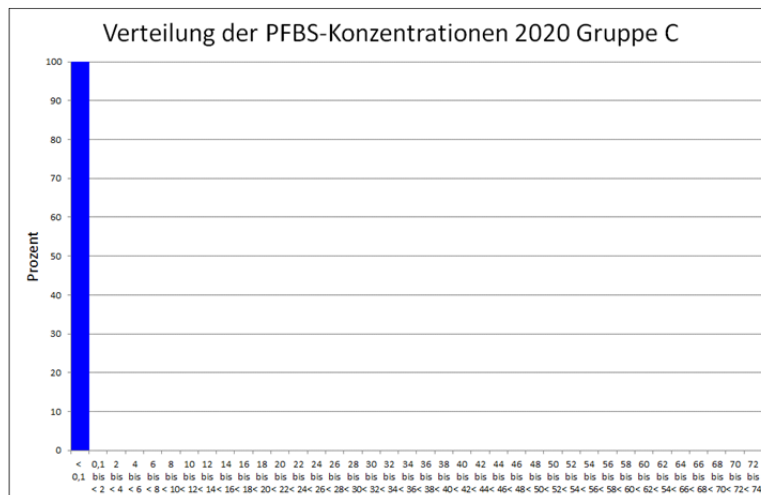
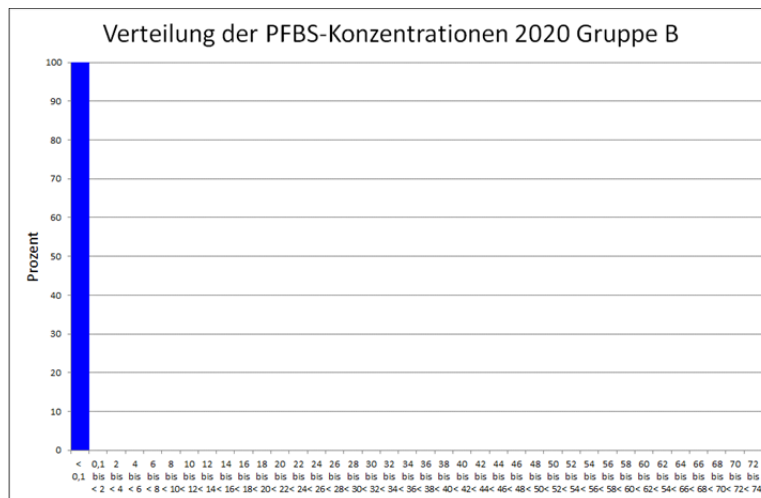
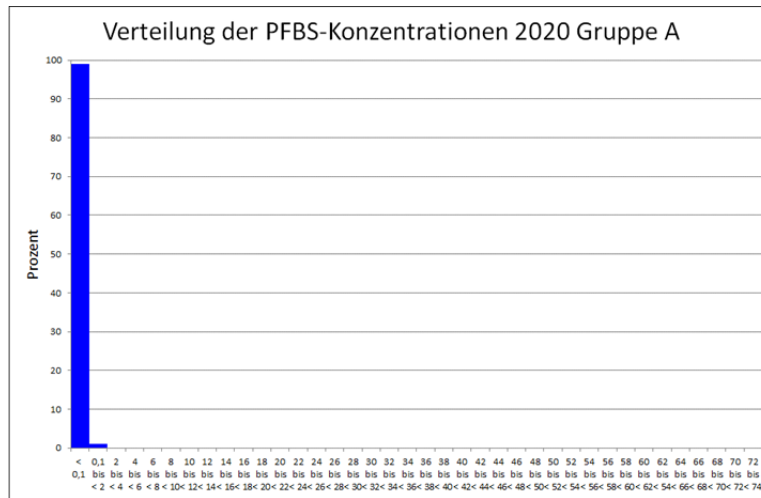


Abbildung 30a, 30b und 30c: Darstellung der Verteilungen der PFBS-Konzentrationen im Blut 2020 getrennt nach Gruppen (30a – Gruppe A, 30b – Gruppe B, 30c – Gruppe C), Angaben auf den x-Achsen in Mikrogramm pro Liter

Anhang 6.5.4

Übersicht über die Minima, Maxima und Mediane der PFOA-Werte 2020 in Gruppe B getrennt nach Häufigkeit des Verzehrs von Gemüse

Gruppe B Gemüsekonsum	PFOA Minimum	PFOA Q1	PFOA Median	PFOA Q3	PFOA Maximum
einmal/Woche*	2,15		2,48		3,42
mehrmals/Woche	0,53	1,67	2,47	3,58	6,71
(fast) täglich	0,49	1,42	2,26	3,61	7,02

* nur 3 Werte

Anhang 6.5.5:

Veränderung der PFOA-Konzentrationen 2018 - 2020 in den Gruppen (gleiche Skalierung)

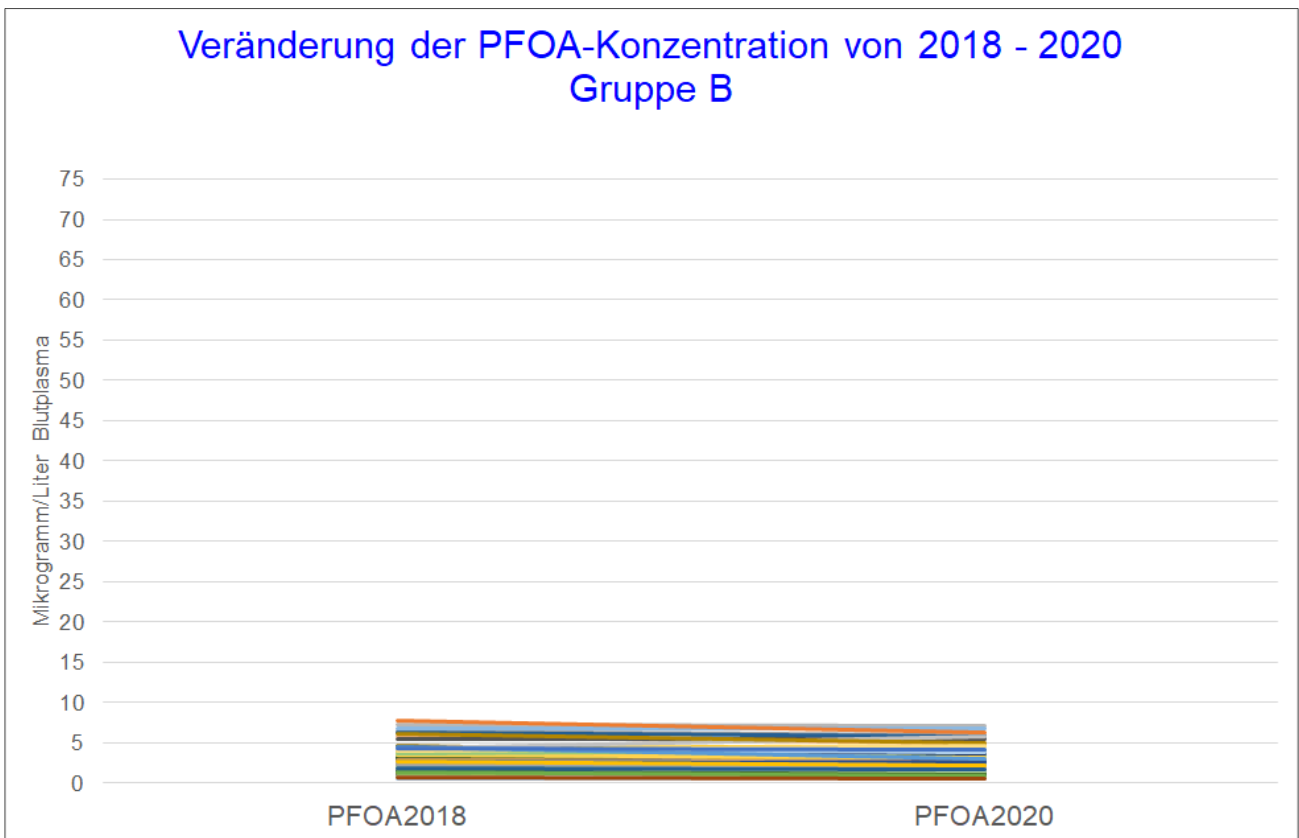
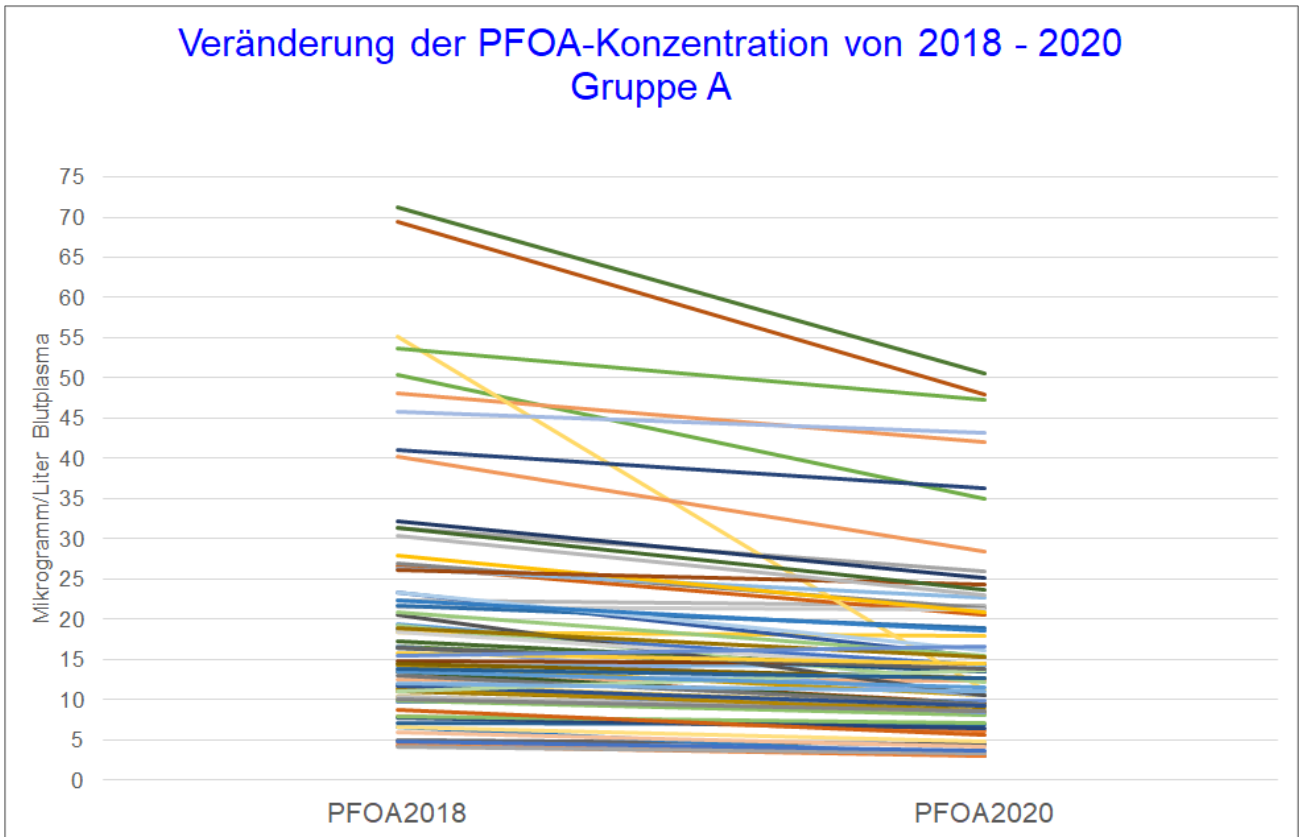


Abbildung 31a und b: Andere Darstellung der Abbildungen 4a und b mit gleicher Skalierung; Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in den Gruppen A und B; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm/Liter

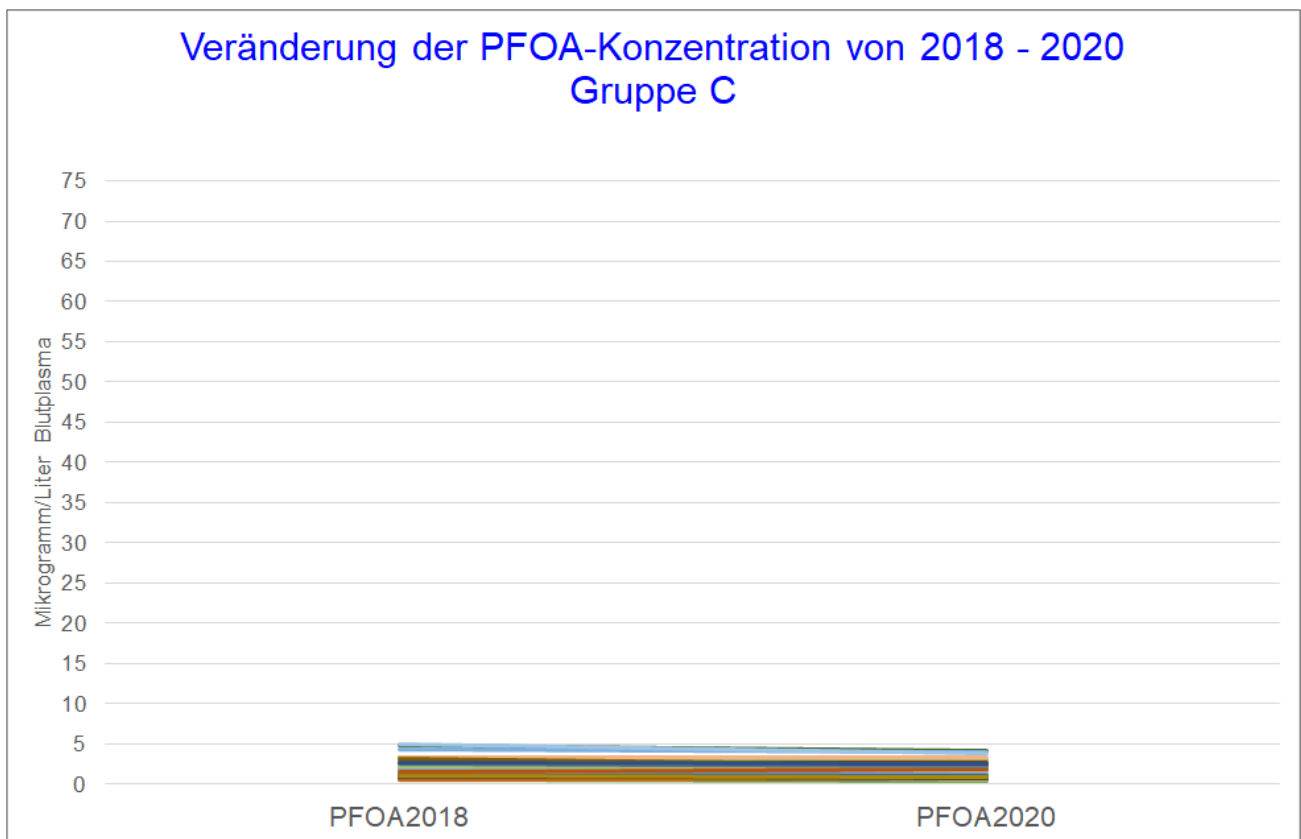


Abbildung 31c: Andere Darstellung der Abbildung 4c mit gleicher y-Skalierung wie in den Abbildungen 31a und b; Veränderung der PFOA-Konzentrationen von 2018 bis 2020 in der Gruppe C; die Linien verbinden jeweils die PFOA-Werte von 2018 (Wert links) und 2020 (Wert rechts). Angaben auf der y-Achse in Mikrogramm/Liter

Anhang 6.5.6:

Scattergramme der PFOA-Werte 2018 versus 2020 nach Gruppen (gleiche Skalierung)

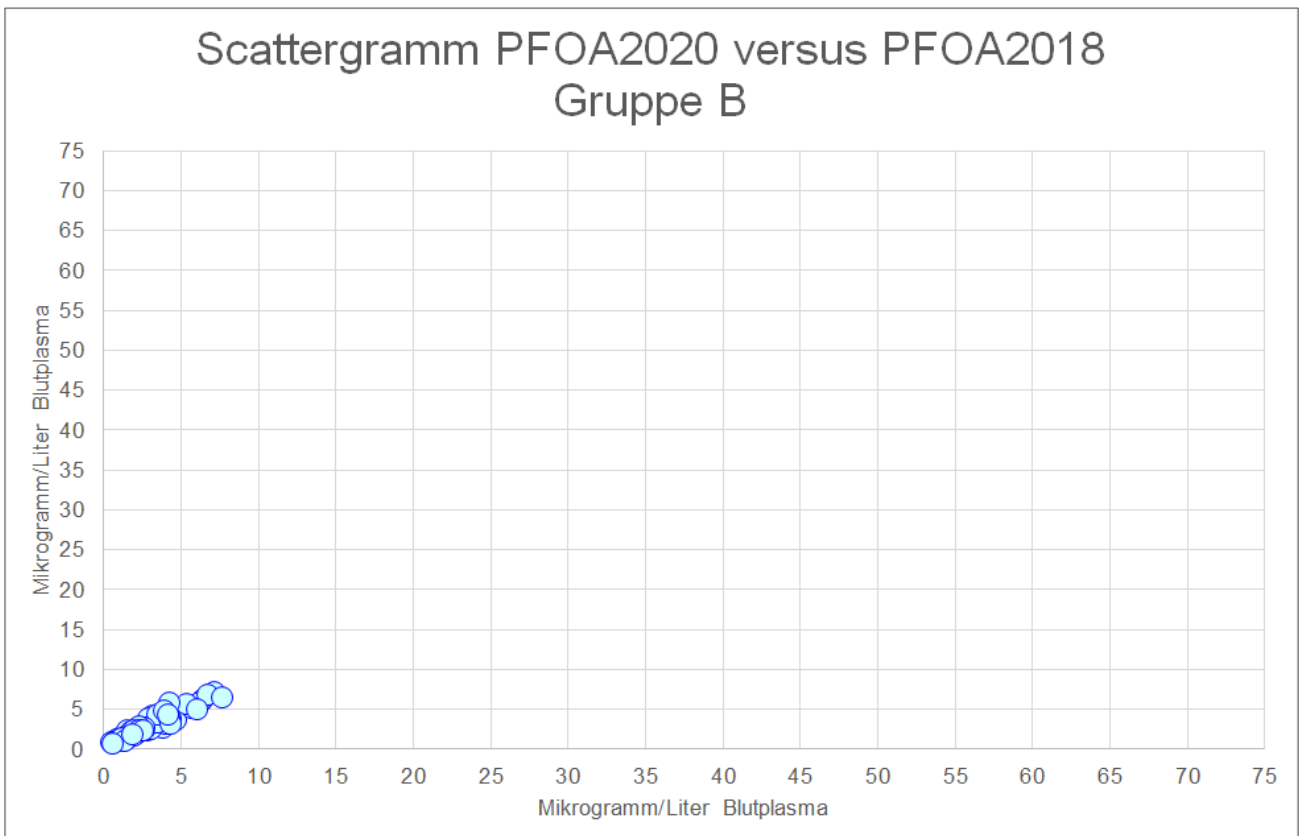
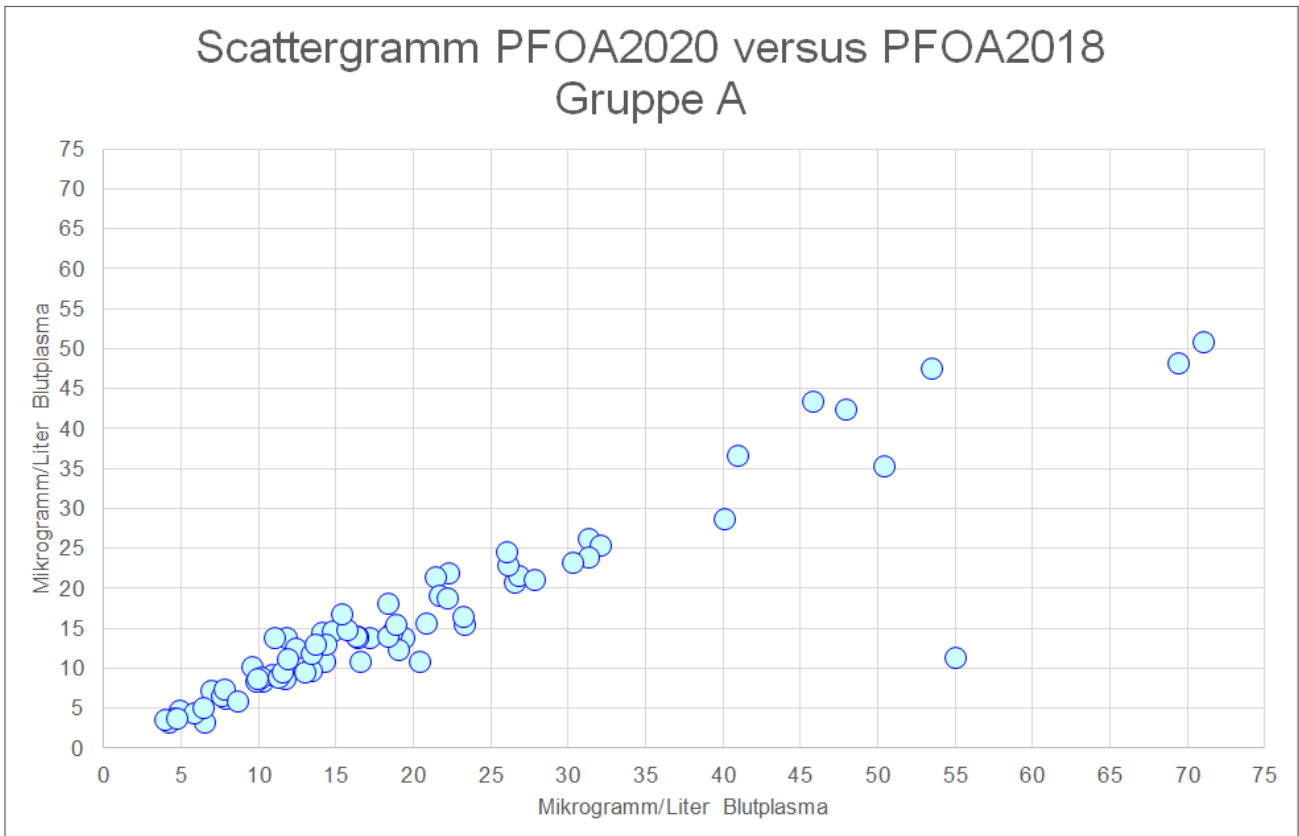


Abbildung 32a und b: Andere Darstellung der Abbildungen 5a und b mit gleicher y-Skalierung; Streudiagramme (Scattergramme) der PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 in den Gruppen A und B; Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,83 in Gruppe A und bei 0,90 in Gruppe B.

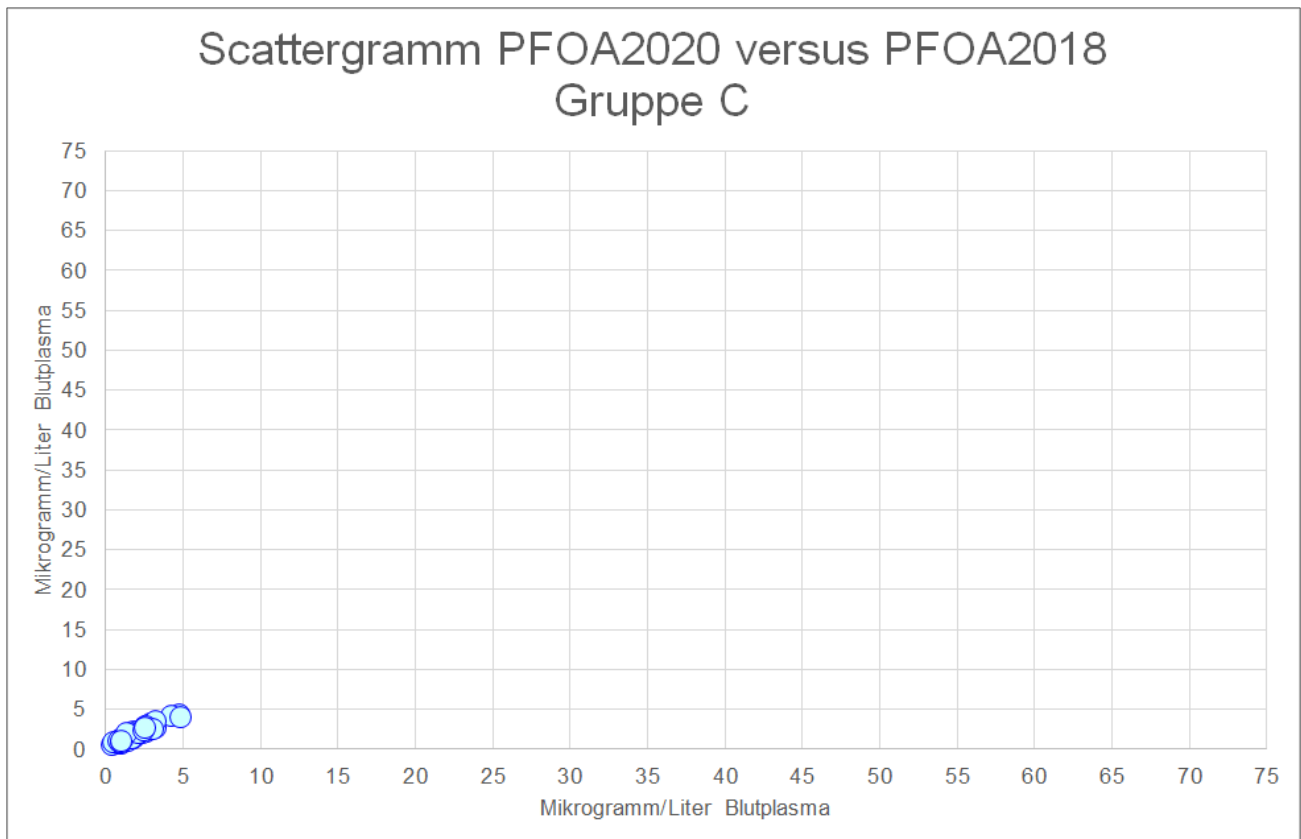


Abbildung 32c: Andere Darstellung der Abbildung 5c mit gleicher y-Skalierung wie in den Abbildungen 32a und b; Streudiagramme (Scattergramme) der PFOA-Konzentrationen von 2018 und 2020 in der Gruppe C; Das Bestimmtheitsmaß lag in Gruppe C bei 0,91.

PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2020

FRAGEBOGEN

Sehr geehrte Damen und Herren,

in diesem Jahr führt das Landesgesundheitsamt in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt Rastatt eine zweite 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

Bitte markieren Sie 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.
- 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.

Bitte hier Etikett
exakt aufkleben



Allgemeine Fragen

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

4a. Sind oder waren Sie Mitglied einer

Freiwilligen Feuerwehr

Berufsfeuerwehr

Betriebs- oder Werkfeuerwehr

anderen Feuerwehr?

4b. Hatten Sie im Rahmen einer Feuerwehrtätigkeit Kontakt mit Löschschäumen? ja nein weiß nicht

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 <u>aus Ihrem Garten</u> von Ihnen pro Woche verzehrt?	(fast) täglich	mehrmals in der Woche	etwa einmal in der Woche	weniger oder nie
Obst aus eigenem Garten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gemüse aus eigenem Garten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Wie oft verzehren Sie Fisch <u>aus lokalen Gewässern</u> ?	1x im Monat	mehrmals im Jahr	etwa einmal im Jahr	weniger oder nie
Fisch aus lokalen Gewässern	<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 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 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!