

**Querschnittsstudie zur Untersuchung der inneren Belastung von
Mutter-Kind-Paaren und Männern in Gebieten erhöhter
Trinkwasserbelastung mit Perfluorierten Verbindungen („PFT“)**

Darstellung erster Ergebnisse

15. März 2007

Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universität Erlangen-Nürnberg
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

mit Unterstützung durch:

Gesundheitsamt des Hochsauerlandkreises
Gesundheitsamt des Kreises Siegen-Wittgenstein

Auftraggeber

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (MUNLV)
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Essen (LANUV)



**Abteilung für Hygiene, Sozial- und
Umweltmedizin, Ruhr-Universität Bochum**

I. Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| I. | Inhaltsverzeichnis..... | 2 |
| 1 | Vorbemerkung..... | 3 |
| 2 | Warum wurde die Studie durchgeführt?..... | 4 |
| 3 | Wie wurde die Studie geplant? | 5 |
| 3.1 | Wer nahm an der Studienplanung teil?..... | 5 |
| 3.2 | Welche Bevölkerungsgruppen wurden untersucht?..... | 5 |
| 3.3 | An welchen Orten wurde untersucht?..... | 5 |
| 3.4 | Welche Fragen sollten mit der Studie beantwortet werden?..... | 5 |
| 4 | Wie wurde die Studie durchgeführt (Methoden)?..... | 6 |
| 4.1 | Wer wurde untersucht? | 6 |
| 4.2 | Was wurde gemessen?..... | 6 |
| 4.3 | Welche Angaben wurden von den Studienteilnehmern erfragt?..... | 6 |
| 4.4 | Datenschutz, Versicherung, Befundmitteilungen | 7 |
| 5 | Ergebnisse | 8 |
| 5.1 | Wie hoch sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern? | 8 |
| 5.2 | Sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern in den betroffenen Gebieten des Hochsauerlandkreises höher als in der Kontrollregion?..... | 9 |
| 5.3 | Sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma mit den Konzentrationen im Trinkwasser und den Angaben zum Trinkwasserkonsum assoziiert? | 10 |
| 6 | Diskussion..... | 11 |
| 6.1 | Perfluorierte Verbindungen im Trinkwasser | 11 |
| 6.2 | Humanbiomonitoring perfluorierter Verbindungen, Vergleich mit anderen Studien | 11 |
| 7 | Bewertung..... | 15 |
| 8 | Wie kann ich weitere Informationen zu perfluorierten Verbindungen erhalten?..... | 17 |

1 Vorbemerkung

Aufgrund des zu erwartenden öffentlichen Interesses haben sich die Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin der Ruhr-Universität Bochum zusammen mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) und dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV, Auftraggeber) entschlossen, diese schriftliche Zusammenfassung der ersten Studienergebnisse zu veröffentlichen.

Dieser Bericht soll der Information der Studienteilnehmer, betroffener Bürger und der interessierten Öffentlichkeit über die ersten Ergebnisse der "Querschnittsstudie zur Untersuchung der inneren Belastung von Mutter-Kind-Paaren und Männern in Gebieten erhöhter Trinkwasserbelastung mit Perfluorierten Verbindungen („PFT“)" dienen.

Der ausführliche wissenschaftliche Abschlussbericht wird zurzeit erstellt und voraussichtlich im nächsten Monat vorliegen.

Danksagung

Wir bedanken uns insbesondere bei den Bürgern Arnsbergs, Brilons und Siegens für die Bereitschaft, die Fragebögen auszufüllen und Blutentnahmen vornehmen zu lassen. Erst mit der Teilnahme so zahlreicher Freiwilliger wurde die Studie ermöglicht.

Unser Dank gilt ebenso dem Personal der Gesundheitsämter des Hochsauerlandkreises und des Kreises Siegen-Wittgenstein, die für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und die organisatorische Unterstützung sorgten und damit den reibungslosen Studienablauf unterstützten. Außerdem übernahmen sie dankenswerterweise die Rolle des Datentreuhänders im Rahmen dieser Untersuchung.

2 Warum wurde die Studie durchgeführt?

Anlass der Studie waren erhöhte Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Trinkwasser von Wasserwerken, die Rohwasser aus Ruhr und Möhne entnehmen. In Oberflächenwasser und Trinkwasser des Hochsauerlandkreises wurden in der ersten Mai-Hälfte 2006 im Rahmen wissenschaftlicher Studien des Institutes für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn zum Vorkommen langlebiger Substanzen in Gewässern erhöhte Konzentrationen perfluorierter Verbindungen festgestellt [Skutlarek et al. 2006]. Hauptkomponente in Anteilen von 50 – 80 % war die Perfluoroktansäure (perfluorooctanoic acid; PFOA). Im Trinkwasser des Hochsauerlandkreises fanden sich ebenfalls erhöhte Gehalte perfluorierter Verbindungen. Die höchsten Werte mit bis zu 0,56 µg/l PFOA wurden in Neheim festgestellt. Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), welches neben PFOA die zweite wichtige in der Umwelt verbreitete perfluorierte Verbindung ist, wurde im Trinkwasser in nur geringen Mengen nachgewiesen. Die Trinkwasserkommission (TWK) beim Umweltbundesamt in Berlin hat in der Sitzung am Mittwoch, 21. Juni 2006, die Befunde aus Möhne und Ruhr toxikologisch bewertet. Es wurde ein so genannter VMW_S (Vorsorge-Maßnahmewert für Säuglinge) von 0,5 µg/l (Summe aus PFOA, PFOS) abgeleitet. Die TWK empfahl, in den betroffenen Gebieten (Arnsbergs Stadtteile Neheim, Hüsten, Herdringen, Bruchhausen und Holzen) das Trinkwasser nicht zur Zubereitung von Säuglingsnahrung zu verwenden. Schwangere Frauen sollten ein solches Trinkwasser (oder mit ihm zubereitete Getränke) nicht regelmäßig trinken.

Aus Vorsorgegründen hat die Trinkwasserkommission die Empfehlung zur Durchführung einer Humanbiomonitoring (HBM)-Studie zur Abschätzung der inneren Belastung mit perfluorierten Verbindungen bei über das Trinkwasser exponierten Personen abgegeben.

HBM-Daten aus mehreren Industrieländern zeigen, dass PFOA und PFOS auch im menschlichen Blut mittlerweile weltweit nachweisbar sind. Dabei liegen die Gehalte an PFOS meist höher als die von PFOA. Es kann demnach von einer allgemeinen Hintergrundbelastung der Allgemeinbevölkerung ausgegangen werden. Auf welchen Quellen diese Belastung der Allgemeinbevölkerung beruht, ist nicht genau bekannt. Ob überhaupt und ggf. in welchem Ausmaß die Verunreinigung des Trinkwassers (im Wesentlichen mit PFOA) eine erhöhte innere Belastung der Bevölkerung in den betroffenen Stadtteilen Arnsbergs bewirkt, war völlig unklar.

Zur Klärung dieser Frage wurde eine epidemiologische Querschnittsstudie in Arnsberg und in den Vergleichsgebieten Brilon und Siegen durchgeführt. Die Ergebnisse sind Gegenstand des vorliegenden Berichts.

Es sollte die Hypothese überprüft werden, ob Personen an Orten mit erhöhter PFT (PFOA)-Trinkwasserbelastung erhöhte PFT (PFOA)-Konzentrationen im Blutplasma aufweisen.

3 Wie wurde die Studie geplant?

3.1 Wer nahm an der Studienplanung teil?

Die Studienplanung erfolgte basierend auf einem Konzeptentwurf des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) und der Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin, Ruhr-Universität Bochum, in Kooperation und Abstimmung mit dem Gesundheitsamt Hochsauerlandkreis, dem Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (Iögd) und dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV, Auftraggeber).

3.2 Welche Bevölkerungsgruppen wurden untersucht?

Da über Aufnahmepfade, Metabolismus (Abbau, Umbau) und Toxikokinetik (Verhalten im menschlichen Organismus) der perfluorierten Verbindungen bisher nur wenig bekannt war, wurden drei Bevölkerungsgruppen zur Untersuchung bei dieser Pilotstudie ausgewählt:

1. Kinder (als besonders empfindliche Gruppe)
2. Frauen im gebärfähigen Alter (als besonders empfindliche Gruppe)
3. Männer mit überdurchschnittlichem Trinkwasserkonsum (um eine möglicherweise besonders belastete Gruppe einzuschließen; es wird auch vermutet, dass Männer eine im Mittel höhere Belastung im Vergleich zu Frauen aufweisen)

3.3 An welchen Orten wurde untersucht?

Zielgebiet: Personen aus Gebieten, deren Trinkwasser nachweislich mit perfluorierten Verbindungen belastet war (Arnsbergs Stadtteile Neheim, Hüsten, Herdringen, Bruchhausen)

Kontrollgebiet: Personen aus Gebieten, deren Trinkwasser nicht belastet war (Siegen, Brilon).

3.4 Welche Fragen sollten mit der Studie beantwortet werden?

Im Wesentlichen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie hoch sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern?
- Sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern in den betroffenen Gebieten des Hochsauerlandkreises höher als in der Kontrollregion?
- Sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma mit den Konzentrationen im Trinkwasser und den Angaben zum Trinkwasserkonsum assoziiert (verbunden)?

4 Wie wurde die Studie durchgeführt (Methoden)?

4.1 Wer wurde untersucht?

Die Studie wird als "prospektive Querschnittsstudie" bezeichnet. Im September, Oktober und November 2006 wurden folgende Personengruppen (= "Kollektive") untersucht:

1. Einschulungskinder und deren Mütter aus den in 3.3 genannten Arnsberger Stadtgebieten (Kontrollgebiet: Siegen).
2. Männliche Einwohner aus den in 3.3 genannten Arnsberger Stadtgebieten (Kontrollgebiet: Brilon).

4.2 Was wurde gemessen?

Im Blutplasma jedes Studienteilnehmers wurden die Konzentrationen von PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und PFOA (Perfluoroktansäure) bestimmt. Darüber hinaus wurden die Blutproben auf den Gehalt weiterer perfluorierter Verbindungen überprüft, die in zumeist deutlich geringeren Konzentrationen als PFOA oder PFOS vorkommen: PFBS (Perfluorbutansulfonsäure), PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure), PFHxA (Perfluorhexansäure), PFPA (Perfluorpentansäure).

Die Analysen im Blutplasma wurden durch das Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt. Die Messmethode¹ weist die Konzentrationen der perfluorierten Verbindungen im Blutplasma im Mikrogramm-Bereich pro Liter nach.

Zudem wurden alle Probanden aufgefordert, eine Trinkwasserprobe aus dem Haushaltswasser zu entnehmen. Hier wurden stichprobenartig Messungen durchgeführt. Trinkwasserproben aus dem Haushalt der Probanden wurden durch das Labor "Organische Analytik" des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW mit einer prinzipiell der Blutanalytik ähnlichen Methode untersucht.

4.3 Welche Angaben wurden von den Studienteilnehmern erfragt?

Aus den wenigen bisher bekannten Studien zu den Blutgehalten perfluorierter Verbindungen beim Menschen gab es Hinweise, dass möglicherweise das Lebensalter, das Geschlecht oder bestimmte Verzehrsgewohnheiten im Zusammenhang mit den Gehalten perfluorierter Verbindungen im Blut stehen. Aus diesem Grund wurden diese Angaben ebenso erfragt wie Angaben zum so genannten Sozialstatus, deren Erfassung in bevölkerungsbezogenen Studien generell üblich ist.

¹ Chemisch basiert die Methode auf einer sogenannten "Festphasenextraktion mit anschließender flüssigkeitschromatographischer Trennung und tandem-massenspektrometrischer Detektion". Die Qualität der Analysen wurde durch Teilnahme an externen Ringversuchen gesichert. Es sei darauf hingewiesen, dass die Bestimmung von perfluorierten Verbindungen im Blut zurzeit nur von wenigen Analysenlaboren durchgeführt werden kann.

Besonders detailliert wurde die Menge des getrunkenen Trinkwassers erfasst, weil diese Frage im Mittelpunkt der Studie stand. Bei Personen, die ihren Trinkwasserverbrauch aus der häuslichen Wasserleitung nach Bekanntwerden der Belastung mit perfluorierten Verbindungen verringert hatten, wurden neben den aktuellen Mengen auch die früher üblichen Gebrauchsgewohnheiten erfragt.

4.4 Datenschutz, Versicherung, Befundmitteilungen

Die **Ethikkommission** der Ruhr-Universität Bochum stimmte dem Studienkonzept zu (Antrag vom 27.7.06, Zustimmung am 29.8.06, Registrier-Nr.2808).

Für die Probanden wurde eine **Gruppen-Unfallversicherung** abgeschlossen, die die direkten Wege zwischen Wohnung und Gesundheitsamt am Tag der Blutentnahme umfasste.

Für die Einwilligung in die geplanten Untersuchungen wurden die Unterschriften beider Elternteile bzw. der untersuchten Person mittels einer **schriftlichen Einverständniserklärung** erfragt.

Datenschutz: Name und Anschrift der Probanden werden durch einen Datentreuhänder verwaltet, die Probandendaten (Fragebogen, Biomonitoring und Trinkwasseranalysen) werden im auswertenden Institut unter Bezug auf eine Studiennummer gespeichert. Die Funktion des Datentreuhänders übernehmen Mitarbeiter der örtlichen Gesundheitsämter. Diese verwalten die Verknüpfung zwischen Namen und Adresse der Teilnehmer und Studiennummer zum Zwecke der Befundmitteilung oder Benachrichtigung.

Befundmitteilungen: Alle Studienteilnehmer wurden in der Woche vom 12.-16. März 2007 schriftlich über Ihre Ergebnisse unterrichtet.

5 Ergebnisse

5.1 Wie hoch sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern?

In den Vergleichskollektiven wurden PFOA-Konzentrationen im Blutplasma zwischen 0,7 und 15,3 µg/l gemessen; die Medianwerte lagen bei 4,9 (Kinder), 3,0 (Mütter) bzw. 5,9 (Männer) µg/l.

In Arnsberg hingegen lagen die niedrigsten gemessenen PFOA-Konzentrationen für Kinder, Mütter und Männer mit 5,4-6,7 µg/l bereits oberhalb der Medianwerte der jeweiligen Vergleichsgruppe. Das Maximum aller Studienkollektive betrug 99,7 µg/l. Die Medianwerte wurden mit 22,1 (Kinder), 24,9 (Mütter) bzw. 27,4 (Männer) µg/l bestimmt. Bei den Kindern aus Siegen entspricht das 75. Perzentil etwa dem Minimalwert der Kinder aus Arnsberg. Bei den Siegener Müttern liegt sogar das 90. Perzentil in der Höhe des Minimalwertes der Mütter aus Arnsberg.

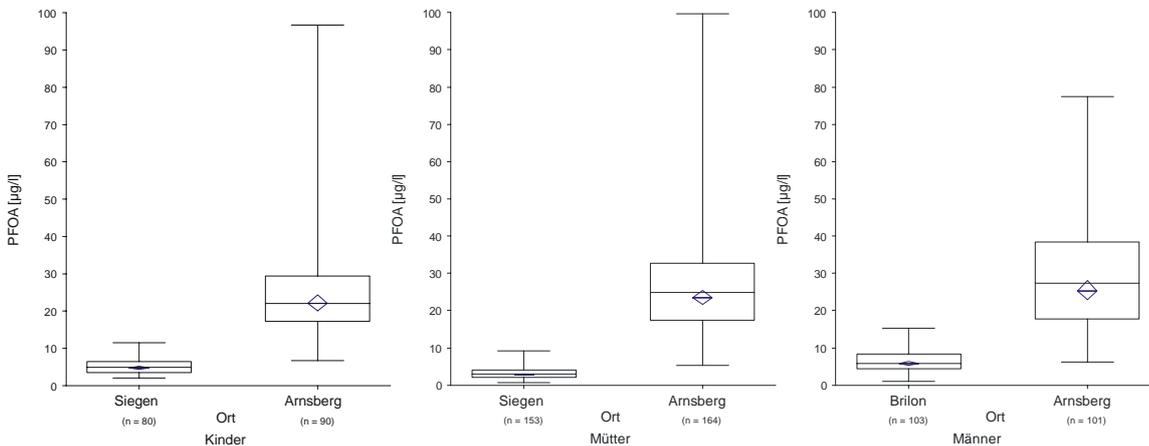


Abbildung 1: PFOA-Konzentrationen im Blutplasma bei den Studienteilnehmern. In diesen so genannten Boxplots sind dargestellt: Minimum, 25. Perzentil, Median (und geometrischer Mittelwert), 75. Perzentil und Maximum.

5.2 Sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern in den betroffenen Gebieten des Hochsauerlandkreises höher als in der Kontrollregion?

Die PFOA-Konzentrationen im Blutplasma sind bei den untersuchten Kindern, Frauen und Männern in den betroffenen Stadtteilen Arnsbergs deutlich höher als in den jeweiligen Kontrollregionen. Die Unterschiede sind statistisch signifikant². Die Medianwerte der Arnsberger Kollektive sind 4,5-fach (Kinder), 4,7-fach (Männer) bzw. 8,4-fach (Mütter) höher als die der jeweiligen Kontrollkollektive.

PFOA ist die dominierende perfluorierte Verbindung im Blut der untersuchten Bevölkerungsgruppen aus Arnsberg.

In diesem Bericht über die ersten Ergebnisse findet deshalb eine Beschränkung auf die Darstellung der PFOA-Konzentrationen statt. Die übrigen gemessenen perfluorierten Verbindungen werden ausführlich im Abschlussbericht dargestellt. Es sei aber bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die perfluorierten Verbindungen PFHxA (Perfluorhexansäure) und PFPA (Perfluorpentansäure) in keinem Fall gefunden wurden. PFBS (Perfluorbutansulfonsäure) war in der Mehrzahl der Fälle nicht nachweisbar. Eine erste Einschätzung über die PFOS (Perfluoroktansulfonsäure)- und die PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure)-Konzentrationen vermittelt Abbildung 2.

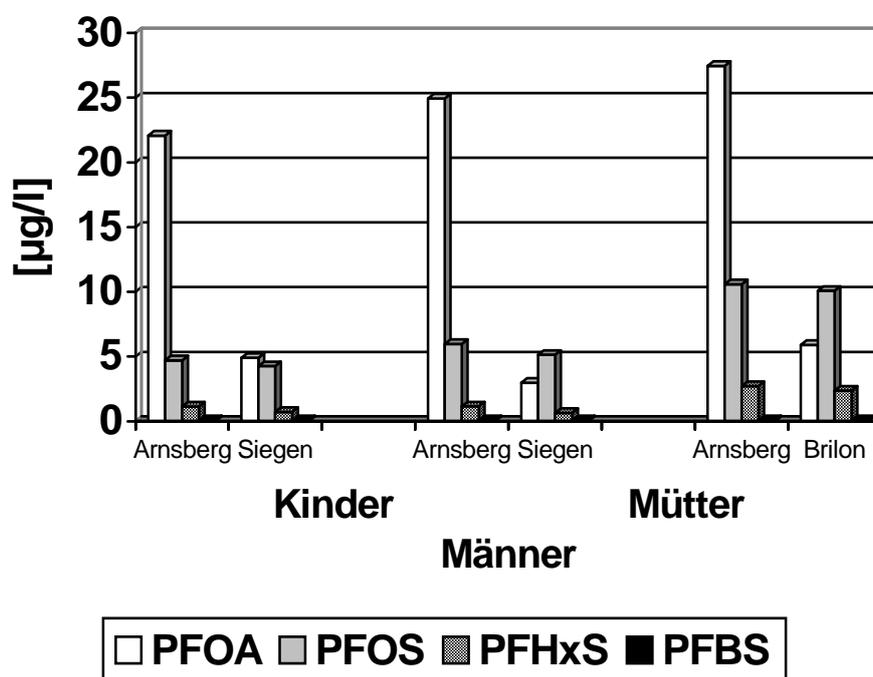


Abbildung 2: Mittlere Konzentrationen (Mediane) der perfluorierten Verbindungen PFOA, PFOS, PFHxS und PFBS im Blutplasma der erwachsenen Studienteilnehmer und der Kinder im Zielgebiet (Arnsberg) und in den Kontrollregionen (Brilon, Siegen).

² t-Test für unverbundene Stichproben, logarithmierte Werte, $P < 0,01$.

5.3 Sind die Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Blutplasma mit den Konzentrationen im Trinkwasser und den Angaben zum Trinkwasserkonsum assoziiert?

1. Die Ziel- und Kontrollregionen wurden aufgrund von Messungen der Konzentrationen perfluorierter Verbindungen im Trinkwasser ausgewählt: die Arnsberger Stadtteile Neheim, Hüsten, Herdringen und Bruchhausen als (jedenfalls bezogen auf Mai/Juni 2006) belastete und Siegen bzw. Brilon als unbelastete (Vergleichs-) Regionen. Insofern weist bereits die Tatsache, dass in den genannten Arnsberger Stadtteilen erhöhte PFOA-Konzentrationen im Blutplasma der Probanden beobachtet wurden, auf das Bestehen eines Zusammenhanges zwischen PFOA-Trinkwasser- und Blutplasma-Konzentrationen hin.

2. Die von den Probanden für sich selbst bzw. für ihr Kind eingeschätzten Angaben zum Trinkwasserkonsum (vor Bekanntwerden der Trinkwasserkontamination mit perfluorierten Verbindungen) sind statistisch signifikant mit den PFOA-Plasmakonzentrationen assoziiert. Steigender Trinkwasserkonsum geht mit erhöhten gemessenen PFOA-Konzentrationen im Blutplasma einher. So erhöhen sich bei den Arnsberger Kindern die Medianwerte für PFOA im Plasma von weniger als 20 µg/l auf mehr als 30 µg/l, wenn die täglich konsumierte Trinkwassermenge von unter 0,25 Liter/Tag auf über 1,5 Liter/Tag ansteigt. Bei den Männern ist der Einfluss des Trinkwasserkonsums auf den PFOA-Plasmaspiegel am stärksten ausgeprägt. Im Bereich der der täglich konsumierten Trinkwassermenge von unter 0,25 Liter bis über 1,5 Liter steigen die mittleren PFOA-Werte im Plasma von etwa 15 auf 40 µg/l an.

3. Im Trinkwasser Arnsbergs war PFOA mit nahezu 90% Anteil der perfluorierten Verbindungen die vorherrschende Verbindung. In den Arnsberger Kollektiven spiegelt sich dieses Verhältnis auch im Blutplasma wider. Die PFOA-Gehalte im Plasma sind dort deutlich höher als die PFOS-Werte. In den erwachsenen Kontrollkollektiven ist, wie auch in anderen Untersuchungen der erwachsenen Normalbevölkerung in Deutschland [Midasch et al. 2006; Fromme et al. 2007], ein Überwiegen der PFOS-Gehalte im Blutplasma festzustellen.

6 Diskussion

6.1 Perfluorierte Verbindungen im Trinkwasser

Perfluorierte Verbindungen sind sehr stabil und werden weltweit in Umweltmedien nachgewiesen. Die chemischen Eigenschaften der perfluorierten Verbindungen führen auch zu ihrer Verbreitung in Gewässern. Aufgrund der Persistenz und Mobilität gelangen perfluorierte Verbindungen schließlich auch über Grundwässer und Oberflächenwässer in das Trinkwasser. Insbesondere zu PFOS und PFOA liegen hierzu einige Daten aus den USA und Japan vor. Die zweifelsohne bisher wichtigste Untersuchung wurde in den USA, Ohio, Little Hocking durchgeführt [Emmett et al., 2006 a, b]. In der Nähe eines großen Betriebes der Fluorchemie wurde eine erhebliche Belastung des Trinkwassers mit PFOA gefunden. In einem Untersuchungszeitraum von 2002-2005 wurde dort ein mittlerer Gehalt von 3,5 µg/l PFOA (Bereich 1.5-7,2 µg/l) im Trinkwasser (damit 7-fach höher als die im Mai 2006 gemessenen Werte in Arnsberg) festgestellt. Es fallen auch die hohen Gehalte von PFOA bis 14 µg/l bei 2 Eigenversorgungsanlagen auf. Diese Studie ist vor allem deswegen von Bedeutung, weil hier erstmals auch ein Humanbiomonitoring der betroffenen Bevölkerung und eine medizinische Überwachung durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Little Hocking Studie wurden kurz nach Planung der vorliegenden Untersuchung veröffentlicht.

6.2 Humanbiomonitoring perfluorierter Verbindungen, Vergleich mit anderen Studien

Für das Humanbiomonitoring perfluorierter Verbindungen ist deren Bestimmung im Blutplasma bzw. Blutserum besonders geeignet. Die meisten nationalen und internationalen Studien verwenden diese biologischen Materialien, so dass mittlerweile auch gute Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Kollektiven bestehen. Die Methode der PFOS- und PFOA-Bestimmung ist darüber hinaus analytisch gut etabliert und kann durch externe Qualitätskontrolle abgesichert werden.

Die PFOS- und PFOA-Gehalte im Blutplasma der Referenzgruppen aus Brilon und Siegen stimmen gut mit den Werten anderer Studien zur Hintergrundbelastung der Allgemeinbevölkerung aus Deutschland sowie Europa überein. Für Kinder im Alter von 6 Jahren stehen allerdings keine umfassenden Vergleichsdaten zur Verfügung. Die folgende Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse von Studien aus Deutschland, die an nicht spezifisch belasteten Bevölkerungsgruppen durchgeführt wurden.

Tabelle 1: Übersicht zu Humanbiomonitoringstudien aus Deutschland zur Belastung der Bevölkerung durch perfluorierte Verbindungen und Vergleich mit den Ergebnissen der Referenzgruppen aus Siegen und Brilon

| Gruppen | Jahr der Probenahme | PFOS [µg/l] | PFOA [µg/l] |
|---|---------------------|--|---|
| <i>308 Plasmaproben einer Blutbank plus 48 Proben eines Survey [Fromme et al. 2007]</i> | | | |
| Frauen 14-67 Jahre alt aus Süd-Bayern | 2005 | Bereich: 2,5 - 30,7 Median: 10,9 | Bereich: 1,5 – 16,2 Median: 4,8 |
| Männer 14-67 Jahre alt aus Süd-Bayern | 2005 | Bereich: 2,1 – 55,0 Median: 13,7 | Bereich: 0,5 – 19,1 Median: 5,7 |
| <i>11 Mutter-Neugeborenen-Paare [Midasch et al. 2007]</i> | | | |
| Neugeborene | 2003 | Bereich: 3,3 - 9,5 Median: 7,3 | Bereich 1,5 - 4,6 Median: 3,4 |
| Mütter | 2003 | Bereich 7,8 - 16,4 Median: 13,0 | Bereich: 1,5 - 4,0 Median: 2,6 |
| <i>116 Proben der Umweltprobenbank Münster, Umweltbundesamt, Berlin, 2004</i> | | | |
| Junge Erwachsene | | Bereich: 5,5 - 104 | Bereich: 1,4 - 57,7 |
| <i>105 Nichtraucher aus Süddeutschland [Midasch et al. 2006]</i> | | | |
| 54 Frauen und 51 Männer | 2003-2004 | Bereich: 6,2 - 130,7 Median 22,3 95. Perzentil: 54,3 | Bereich: 1,7 - 39,3 Median: 6,8 95. Perzentil:14,6 |
| Diese Studie | | | |
| 80 Kinder, 5,2 - 6,4 Jahre alt aus Siegen | 2006 | Bereich: 1,6 - 26,2 Median: 4,3 95. Perzentil: 11,5 | Bereich: 2,0 – 11,5 Median: 4,9 95. Perzentil: 9,1 |
| 153 Mütter 23 - 49 Jahre alt aus Siegen | 2006 | Bereich: 1,0 – 70,7 Median: 5,1 95. Perzentil: 13,5 | Bereich: 0,7 – 9,2 Median: 3,0 95. Perzentil: 5,9 |
| 103 Männer 18- 69 Jahre alt aus Brilon | 2006 | Bereich: 1,7 - 92,5 Median: 10,1 95. Perzentil: 26,4 | Bereich: 1,1 – 15,3 Median: 5,9 95. Perzentil: 10,9 |

Bisher ist nur eine weitere Studie bekannt, in der ein über das Trinkwasser belastetes Kollektiv untersucht wurde [Emmett at al., 2006a,b]. Es wurde nur PFOA untersucht. Die folgende Tabelle 2 zeigt einen Vergleich der Daten mit der der vorliegenden Studien.

Tabelle 2: Vergleichende Betrachtung der Untersuchung von Emmett et al. (2006a) mit dieser Studie (nur PFOA-Gehalte)

| | Emmett et al., 2006a | Diese Studie (Arnsberg) |
|--|---|---|
| Trinkwasser- gehalte PFOA | Bereich: 1,5 - 7,2 µg/l Median über den Zeitraum 2002- 2005: 3,55 µg/l | Bereich: 0,50-0,64 µg/l Mai-Juli 2006 |
| Kollektive | 371 Personen Altersbereich: 2,5-89 Jahre Alter, Median: 50 Jahre Kinder < 18 Jahre: 43 Kinder 2-10 Jahre: 20 | 353 Personen Altersbereich: 5,8-69,3 Jahre 79 Kinder: 5,8-6,3 Jahre 163 Mütter: 24,3-46,8 Jahre 101 Männer: 20,5-69,3 |
| PFOA-Gehalte im Serum/Plasma | Ausschließlich Konsum von Little Hocking Trinkwasser (n=291) Bereich: 7-1950 µg/l Median: 374 µg/l Zusätzlicher Konsum von abgepacktem Wasser (n=26) Bereich: 72-1280 µg/l Median: 320 µg/l Eigenversorger und andere Trinkwasserquellen (n=26) Bereich: 8-4520 µg/l Median: 79 µg/l | Kinder Bereich: 6,7-96,6 µg/l Median: 22,1 µg/l Mütter Bereich: 5,4-99,7 µg/l Median: 24,9 µg/l Männer Bereich: 6,1-77,5 µg/l Median: 27,4 µg/l |
| Einfluss der Verunreinigung des Trinkwassers auf den PFOA- Gehalt im Serum/Plasma | Positiver Zusammenhang zwischen PFOA im Trinkwasser und im Serum | Positiver Zusammenhang zwischen PFOA im Trinkwasser und im Plasma |

Grob geschätzt ist die PFOA-Belastung der Bevölkerung in Little Hocking über das Trinkwasser 7-fach höher im Vergleich zu der Arnsberger Bevölkerung. Die PFOA-Gehalte im Serum bzw. Plasma der Bevölkerung in Little Hocking sind 14 -fach höher im Vergleich zu der Arnsberger Bevölkerung.

In Abbildung 3 werden die PFOA-Konzentrationen dieser Studie im Vergleich zu anderen nationalen und international publizierten Daten dargestellt. Eine nähere Erläuterung dieser Vergleichszahlen findet sich im Abschnitt 6.2, Tabelle 1.

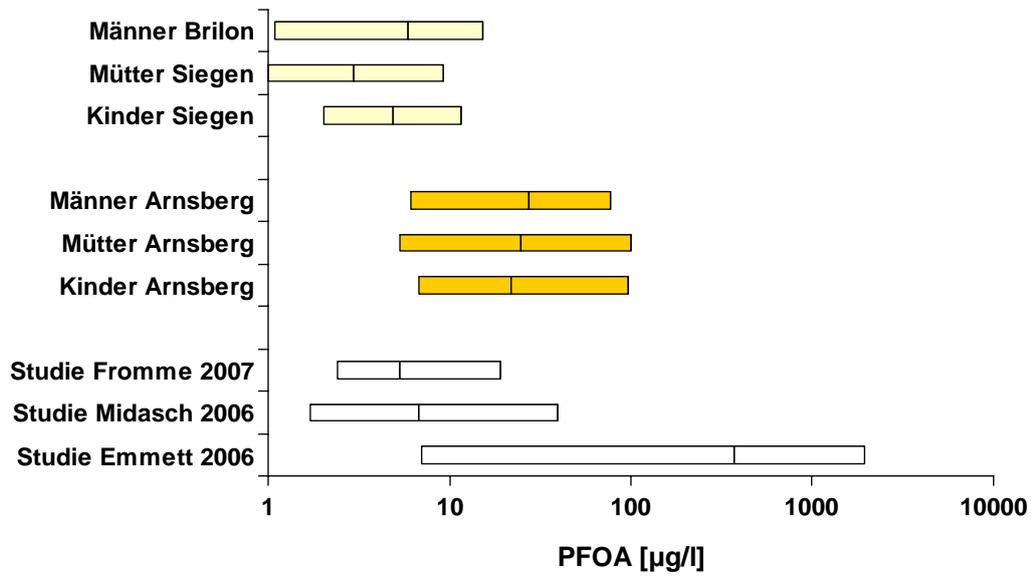


Abbildung 3: Minimal-, Maximal- und Medianwerte der bei Kindern, Müttern und Männern aus Arnsberg, Brilon bzw. Siegen ermittelten PFOA-Belastung im Blut im Vergleich zu national und international publizierten Daten.

7 Bewertung

Die Untersuchung zeigt ohne Zweifel, dass Personen aus Arnsherg, deren Trinkwasser über das Wasserwerk Möhnebogen verteilt wird, eine deutlich erhöhte innere Belastung mit der perfluorierten Verbindung PFOA aufweisen. Dieser Schluss beruht auf folgenden Aspekten:

Die Hauptkomponente der Belastung des Trinkwassers in Arnsherg war PFOA. Es ist wiederum PFOA, welches im Plasma der Personen aus Arnsherg spezifisch erhöht ist und deutlich oberhalb der PFOS-Konzentrationen liegt. Üblicherweise liegt bei Personen ohne besondere Belastung gegenüber perfluorierten Verbindungen die Konzentration von PFOS im Plasma meist höher als die von PFOA. Ferner besteht bei den untersuchten Personen aus Arnsherg ein hochsignifikanter positiver Zusammenhang zwischen der konsumierten Trinkwassermenge und der PFOA-Konzentration im Plasma.

Die Frage, inwieweit mit der erhöhten inneren Belastung der Bevölkerung in Arnsherg gesundheitliche Risiken verbunden sind, lässt sich derzeit nicht abschließend beantworten. Aufgrund des bisherigen Kenntnisstandes kann aus vorliegenden Untersuchungen am Menschen kein Zusammenhang zwischen PFOA-Gehalten im Plasma und Wirkungen auf den Organismus ermittelt werden. Es stehen daher auch keine umweltmedizinisch-toxikologisch abgeleiteten Human-Biomonitoring-Werte zur Verfügung. Für am Arbeitsplatz exponierte Personen gilt ein BAT-Wert (BAT= Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert) für PFOA von 5.000 µg/l abgeleitet. Der BAT-Wert kann nicht direkt auf die Situation der Allgemeinbevölkerung übertragen werden, ist aber als Hinweis zu sehen, dass am Arbeitsplatz sehr hohe PFOA-Gehalte im Plasma als gesundheitlich tolerierbar angesehen werden.

Die zurzeit vorliegenden weltweiten Human-Untersuchungen geben keinen Anhaltspunkt, dass die bei der Bevölkerung in Arnsherg festgestellten PFOA-Gehalte im Plasma gesundheitlich bedenklich wären. Die wichtigste Arbeit, aus der hierzu Erkenntnisse vorliegen, ist die bereits erwähnte Little Hocking Studie [Emmett et al. 2006a,b]. Bei diesen über das Trinkwasser mit PFOA belasteten Personen wurden umfassende Untersuchungen gesundheitlich relevanter Funktionsgrößen (hämatologische-, klinisch-chemische- und Hormonparameter) durchgeführt. Es wurden 371 Personen nach dem Zufallsprinzip, die mehr als 2 Jahre im Versorgungsgebiet der Little Hocking Water Association lebten, untersucht. Die PFOA-Gehalte im Serum waren mit Medianwerten von 320-374 µg/l deutlich erhöht. Im Vergleich dazu ist die innere Belastung der Arnshberger Bevölkerung etwa 14-fach geringer. Dies erscheint auch plausibel, da die PFOA-Belastung über das Trinkwasser ebenfalls in Arnsherg auch deutlich niedriger ist als die in Little Hocking. Die Autoren stellten keinen nachteiligen Einfluss der PFOA-Belastung auf die untersuchten klinisch-chemischen und hämatologischen Parameter fest. Auch waren bei Personen mit Leber- und Schilddrüsenerkrankungen die PFOA-Gehalte im Serum nicht erhöht [Emmett et al. 2006b].

Zu beruflich belasteten Personen aus der Fluorchemie liegen eine Vielzahl von Studien, auch Langzeitstudien vor, in denen sowohl die PFOA-Gehalte im Serum bestimmt wurden als auch klinische Untersuchungen durchgeführt wurden. Die mittleren PFOA-Konzentrationen im Serum der Beschäftigten lagen in Bereichen von 330 - 6.400 µg/l. Diese Belastungen sind gegenüber denen in Arnsberg als sehr stark erhöht einzustufen. Es wurde ein weites Spektrum an klinisch-chemischen Parametern sowohl im Rahmen einer Querschnittsbeobachtung als auch einer longitudinalen Analyse erfasst. Es wurden einige schwach positive Assoziationen festgestellt. So war der PFOA-Gehalt positiv mit dem Schilddrüsenhormon T3 im Serum, aber nicht mit den anderen Parametern der Schilddrüse assoziiert. Aufgrund toxikologischer Überlegungen wäre eher eine Unterdrückung der Schilddrüsenhormone zu erwarten gewesen. Ferner wurden auch zwischen den PFOA-Gehalten und den Gehalten an Cholesterin sowie Triglyceriden im Serum positive Zusammenhänge gefunden. Auch diese Befunde stehen nicht in Einklang mit Beobachtungen aus dem Tierexperiment. Insgesamt kann daraus geschlossen werden, dass selbst sehr hohe PFOA-Gehalte im Serum von beruflich Langzeitexponierten keine nachteiligen Veränderungen der klinisch-chemischen Parameter hervorruft. Insgesamt lassen sich aus diesen und auch aus Befunden zur Sterblichkeit und Tumorraten bei am Arbeitsplatz hoch Belasteten keine klaren gesundheitlich nachteiligen Wirkungen ableiten.

Die in Tierversuchen bei hohen Dosen ermittelten Wirkungen von PFOA (tumorfördernd, insbesondere Lebertumore und Tumore hormonabhängiger Organe; fortpflanzungsgefährdend) konnten beim Menschen bisher nicht bestätigt werden. Eine mögliche Erklärung hierfür wird in dem Mechanismus der tumorfördernden Wirkung im Tiermodell gesehen, der bei Menschen weniger bedeutend ist. Eine direkte Wirkung auf die Erbsubstanz ist nicht nachgewiesen. PFOS und PFOA wirken nicht mutagen.

Aufgrund des insgesamt jedoch noch eingeschränkten Wissensstandes über die genauen Wirkungen von PFOA und da es sich bei den perfluorierten Verbindungen um Stoffe mit wahrscheinlich langer Verweildauer im menschlichen Organismus handelt, deren gesundheitliche Bedeutung zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschließend geklärt ist, wird unter Vorsorgegesichtspunkten die erhöhte Belastung der Bevölkerung in Arnsberg weiter beobachtet werden.

Hierdurch ergibt sich auch eine Dokumentationsmöglichkeit, nach welcher Zeit die bereits eingeleiteten Maßnahmen (Filterung des Trinkwassers, Quellensanierung etc.) eine Absenkung der inneren Belastung mit perfluorierten Verbindungen bewirken.

Die in diesem Bericht vorgenommene gesundheitliche Einschätzung der perfluorierten Verbindungen wird auch von den Experten eines PFT-Symposiums im Rahmen der Frühjahrstagung der Deutschen Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie (DGPT) am 15.03.07 in Mainz geteilt.

8 Wie kann ich weitere Informationen zu perfluorierten Verbindungen erhalten?

Eine **allgemeinverständliche** Darstellung zu Perfluorierten Verbindungen wurde im Februar 2007 vom Umweltbundesamt ("Perfluorierte Verbindungen: Falscher Alarm oder berechtigte Sorge?") veröffentlicht. Der Text ist im Internet unter der Adresse <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/perfluorierte-verbindungen.pdf> zu erhalten.

In diesem Text haben wir gelegentlich Bezug auf die Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen genommen. Die genauen Quellenangaben für diese Studien sind:

- Emmett, E.A., Shofer, F.S., Zhang, H., Freeman, D., Desai, C., Shaw, L.M. (2006a): Community exposure to perfluorooctanoate: relationships between serum concentrations and exposure sources. *J Occup Environ Med* 48(8):759-70.
- Emmett, E.A., Zhang, H., Shofer, F.S., Freeman, D., Rodway, N.V., Desai, C., Shaw, L.M. (2006b): Community exposure to perfluorooctanoate: relationships between serum levels and certain health parameters. *J Occup Environ Med* 48(8):771-9.
- 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* 80(4): 313-9.
- Midasch, O., Schettgen, T., Angerer, J. (2006). Pilot study on the perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate exposure of the German general population. *Int J Hyg Environ Health* 209(6): 489-96.
- Midasch, O., Drexler, H., Hart, N., Beckmann, M.W., Angerer, J. (2007). Transplacental exposure of neonates to perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate: a pilot study. *Int Arch Occup Environ Health*. DOI - 10.1007/s00420-006-0165-9.
- Skutlarek, D., Exner, M., Farber, H. (2006). Perfluorinated surfactants in surface water and drinking waters. *Environ Sci Pollut Res Int* 13(5):299-308.