IPASUM
Institut und Poliklinik für
Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin

der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

(Direktor: Prof. Dr. med. H. Drexler)

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
MEDIZINISCHE FAKULTÄT

Abschlussbericht

Human-Biomonitoring (HBM) in der Allgemeinbevölkerung in der Nachbarschaft von Anlagen der Kohlenwasserstoff-Förderung in Niedersachsen

Prof. Dr. Thomas Göen
Kerstin Zethner
Kristina Zethner

Abschlussbericht

Human-Biomonitoring (HBM) in der Allgemeinbevölkerung in der Nachbarschaft von Anlagen der Kohlenwasserstoff-Förderung in Niedersachsen

Autoren:
Prof. Dr. Thomas Göen
Kerstin Zethner
Kristina Zethner

Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Henkestraße 9-11
91054 Erlangen

November 2019

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS 2

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 3

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 3

PROJEKTZIELSTELLUNG 4

STUDIENDESIGN 4

FORSCHUNGSHYPOTHESEN 7

UNTERSUCHUNGSPARAMETER UND METHODEN 7

STATISTISCHE AUSWERTUNGEN 9

ERGEBNISSE 11

STÄRKEN UND LIMITATIONEN DER STUDIE 31

ZUSAMMENFASSUNG 33

DANKSAGUNG UND OFFENLEGUNG 34

ANLAGEN 35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung... 6

Tabelle 2: Charakterisierung und Vergleich der untersuchten Gruppen durch kontinuierliche Parameter 11

Tabelle 3: Charakterisierung und Vergleich der untersuchten Gruppen (kategoriale Parameter) 12

Tabelle 4: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für den Parameter Cotinin in Urin 13

Tabelle 5: Deskriptive Daten und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für Cotinin in Urin 15

Tabelle 6: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für Benzol in der Luft in der Herbstuntersuchung 16

Tabelle 7: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für Benzol in der Luft 17

Tabelle 8: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für S-Phenylmerkaptursäure in Urin in der Herbstuntersuchung 18

Tabelle 9: Deskriptive Daten und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für S-Phenylmerkaptursäure in Urin 21

Tabelle 10: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für Quecksilber in Urin 23

Tabelle 11: Deskriptive Daten und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für Quecksilber in Urin 25

Tabelle 12: Deskriptive Daten und Vergleich zwischen den Amalgam- und Nicht-Amalgam-Trägern für Quecksilber in Urin im Herbst 26

Tabelle 13: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für den Quecksilber in Urin bei Nicht-Amalgam-Trägern 27

Tabelle 14: Deskriptive Daten und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für Quecksilber in Urin bei Nicht-Amalgamträgern 28

Tabelle 15: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für Benzol in der Luft in der Herbstuntersuchung in Abhängigkeit der Entfernung des Wohnortes von der nächsten Erdölförderanlage innerhalb der Untersuchungsgruppe Nichtraucher 29

Tabelle 16: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für S-Phenylmerkaptursäure in Urin differenziert nach dem Abstand zu der nächstliegenden Gasförderanlage innerhalb der Nichtraucher der Untersuchungsgruppe 29

Tabelle 17: Deskriptive Daten und Vergleich zwischen den Entfernungen für Quecksilber in Urin in der Herbstuntersuchung in Abhängigkeit der Entfernung des Wohnortes von der nächsten Erdölförderanlage bei Nicht-Amalgamträgern innerhalb der Nichtraucher der Untersuchungsgruppe .. 30

Tabelle 18: Deskriptive Daten und Gruppenvergleich für S-Phenylmerkaptursäure in Urin in der Herbstuntersuchung in Abhängigkeit der verkehrsnahen bzw. verkehrsfernen Lage der Wohnung in den Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe 30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Gruppenvergleich für den Parameter Cotinin in Urin in dem Untersuchungszeitraum Sommer . 14

Abbildung 2: Gruppenvergleich für den Parameter Cotinin in Urin in dem Untersuchungszeitraum Herbst ... 14

Abbildung 3: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter SPMA in Urin dem Untersuchungszeitraum Sommer 19

Abbildung 4: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter SPMA in Urin dem Untersuchungszeitraum Herbst 19

Abbildung 5: Streudiagramm und Korrelation zwischen SPMA in Urin und Benzol in personengebundenen Luftproben in der nichtrauchenden Untersuchungsgruppe im Untersuchungszeitraum Sommer 21

Abbildung 6: Korrelation zwischen den Variablen SPMA in Urin und Cotinin in Urin in Rauchern im Untersuchungszeitraum Sommer 22

Abbildung 7: Korrelation zwischen den Variablen SPMA in Urin und Cotinin in Urin in Rauchern im Untersuchungszeitraum Herbst 22

Abbildung 8: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter Quecksilber in Urin dem Untersuchungszeitraum Sommer 24

Abbildung 9: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter Quecksilber in Urin dem Untersuchungszeitraum Herbst 24

Abkürzungsverzeichnis

BAR	Biologischer Arbeitsstoff-Referenzwert
BETX	Benzol, Ethylbenzol, Toluol, Xylole
BG	Bestimmungsgrenze
BMI	Body-Mass-Index (Körpermaße in Kilogramm geteilt durch das Quadrat der Körperlänge in Meter)
HBM	Human-Biomonitoring
Hg	Kürzel für Quecksilber
k.A.	keine Angabe
Max	Maximum
Median	Messwert im Zentrum der Verteilung (je 50% der Werte sind niedriger bzw. höher)
Min	Minimum
MT	Kennzeichnung für Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Testes
N	Anzahl
ORSA	Luftprobensammler für passive Probenahme der Fa. Dräger
p-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit (0 = 0 %; 0,05 = 5 %; 1 = 100 %)
R^2	Bestimmtheitsmaß (Kennzahl für die Anpassungsgüte einer Regression)
SPMA	S-Phenylmerkaptursäure
TT	Kennzeichnung für Ergebnisse des t-Testes
WT	Kennzeichnung für Ergebnisse des Wilcoxon-Testes
χT	Kennzeichnung für Ergebnisse des Chi-Quadrat-Testes

Projektzielstellung

Die Ziele der HBM-Studie waren

a) die Ermittlung der individuellen inneren Belastung in der Allgemeinbevölkerung in unmittelbarer Nähe zu Anlagen der Kohlenwasserstoffförderung unter Beachtung auch spezieller Belastungssituationen (z. B. Fackelarbeiten) sowie der Emission/ Immissionen im Kontext der meteorologischen Situation durch Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol (BTEX) sowie Quecksilber und
b) die Beschreibung der individuellen äußeren Belastung durch Probenahmen der Innenraum- und Außenluft und der individuellen äußeren Belastung der Probanden durch passive Probenahmen und nachfolgender Analytik auf BTEX.

Studiendesign

Zur Beantwortung der Fragen wurde eine vergleichende Querschnittsstudie konzipiert, in der die Belastung der Anwohner in unmittelbarer Nähe zu Erdgas-Förderanlagen im südlichen Landkreis Rotenburg (Wümme) (Untersuchungsgruppe) mit der Belastung von Bewohnern des nördlichen Landkreises, die keiner Exposition durch benachbarte Kohlenwasserstoff-Anlagen ausgesetzt sind (Kontrollgruppe), verglichen werden konnten. Da sich die aktiv betriebenen Erdgasanlagen nur südlich der Autobahn A1 befanden, wurde die Autobahn zur generellen Abgrenzung der beiden Regionen verwendet. Weil der aktive Tabakrauchgenuss einen erheblichen Einfluss auf die innere Benzol-Belastung hat, wurden Nichtraucher und Raucher getrennt betrachtet. Demzufolge wurde das Kollektiv aus den Gebieten mit Nähe zu Anlagen der Erdgas-Förderung (Samtgemeinde Bothel) aus zwei Untergruppen zusammengesetzt:

- Nichtraucher in Nichtraucher-Haushalten
- Aktive Raucher

Das Vergleichskollektiv aus dem Norden des Landkreises wurde ausschließlich aus Nichtrauchern in Nichtraucherhaushalten zusammengestellt. Diese wurden in den Gemeinden Bremervörde und Gnarrenburg sowie den Samtgemeinden Geestequelle, Selsingen, Sittensen (nur nördlich der Autobahn A1), Tarmstedt und Zeven rekrutiert.

Die Einschlusskriterien für die Studien bestanden zum einen in der Zuordnung zu den Gruppen Nichtraucher in Nichtraucher-Haushalten bzw. aktive Raucher, in der Zuordnung zu den festgelegten Regionen, einem Mindestalter von 18 Jahren sowie einer uneingeschränkten Nierenfunktion.

Für die Rekrutierung der Teilnehmer wurde die Bevölkerung im Landkreis Rotenburg im Zeitraum Februar bis April 2018 über Zeitungsinserate, die Homepage des Kreises, in den Bekanntmachungsblättern der Gemeinden, durch Einbindung von Multiplikatoren (Bürgermeister, Vereinsvorstände), Aushänge und Verteilung von Flyern über die Studie informiert und zur Teilnahme eingeladen. Dabei lag ein besonderes Augenmerk auf der Beteiligung von Personen im direkten Umfeld der Gasförderanlagen. Interessierte wurden gebeten, sich im Gesundheitsamt des Landkreises Rotenburg (Wümme) registrieren zu lassen. Die Studie wurde darüber hinaus detailliert auf zwei Veranstaltungen (am 18.04.2018 im Bürgerhaus der Samtgemeinde Bothel und am 19.04.2018 im Kreishaus Bremervörde) vorgestellt, an denen sich Teilnahmeinteressierte ebenfalls in Listen eintragen konnten. Auf bzw. direkt nach den Bürgerversammlungen wurden die meisten Interessenten gewonnen. Am 8. Mai 2018 lagen von 293 Personen aus dem südlichen Landkreis und von 61 Personen aus dem nördlichen Landkreis Interessensbekundungen vor. Von den Teilnahmeinteressierten wurden für die Untersuchungsgruppe zunächst die Personen ausgewählt und nochmals kontaktiert, die gemäß der angegebenen Adresse möglichst nah an den Erdgasförderanlagen wohnten und für die im persönlichen Gespräch die Einschlusskriterien bestätigt wurden, z. B. Nichtraucher im Nichtraucherhaushalt. Der Radius wurde dann sukzessive erweitert bis eine Teilnehmerzahl erreicht wurde, die oberhalb der Mindestfallzahl lag. Letztendlich wurden als Teilnehmer für die Untersuchungsgruppe 37 Raucher und 81 Nichtraucher ausgewählt (Tabelle 1). Von den ausgewählten Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe lehnten dann 7 Personen eine Teilnahme im Sommer-Zeitraum kurzfristig ab bzw. konnten aus diversen Gründen nicht teilnehmen. Je ein Nichtraucher und ein Raucher der Untersuchungsgruppe nahmen zwar im Sommer, aber nicht im Herbst an der Studie teil. Für die Kontrollgruppe erfolgte die Kontaktaufnahme im Zeitraum September bis Oktober 2018. Dabei wurden nochmals weitere Teilnahmeinteressierte rekrutiert und somit 84 Teilnehmer für die Kontrollgruppe gewonnen.

Ein wichtiger Punkt, der bei der Urinprobengewinnung zu beachten war, war das Problem der fehlenden Repräsentativität einer Spontanurinprobe während des Tages. Um diesem Problem zu begegnen, sollten alle Probenahmen in Form von 24-Stunden-Sammelurinen erfolgen. Um dem Problem der fehlenden Repräsentativität von Einzelmessungen zu begegnen, wurden mindestens 4 Messungen für jeden Studienteilnehmer eingeplant. Dabei sollten Werk- und Nichtwerktage gleichermaßen berücksichtigt werden. Ferner sollten mögliche meteorologische Einflüsse abgebildet werden. Deshalb wurden zwei Probenahmekampagnen zu unterschiedlichen Jahreszeiten (Sommer und Herbst) eingeplant. In jeder Probenahmekampagne sollten von jedem Probanden somit an je 2 Werktagen und 2 Nichtwerktagen (z. B. Wochenende) die 24h-Urinproben gewonnen

werden. Von der Vergleichsgruppe wurden die Proben mit dem gleichen Probenahmeplan, allerdings ausschließlich im Herbst, gewonnen.

Tabelle 1: Interessensbekundungen und Studienteilnehmer sowie Ausschlussverlauf vor statistischer Auswertung

	Untersuchungsgruppe Raucher		**Untersuchungsgruppe Nichtraucher**		**Kontrollgruppe**
	Sommer	Herbst	Sommer	Herbst	Herbst
Ursprünglich Interessierte*	293*				84**
Für die Studie ausgewählte Teilnehmer	37	-	81	-	84
Teilnehmer	37	36	74	73	84
Anzahl nach Ausschluss wegen Rauchverhalten als Nichtraucher	37	36	74	73	83
Anzahl nach Ausschluss von Nichtrauchern aus Raucherhaushalt	37	36	67	66	78
Anzahl nach Ausschluss Cotininwerte über 100 µg/L	37	36	66	65	78

* Interessensbekundungen bis zum 08.05.2018
** Nach Nachrekrutierungen im September/Oktober 2018 (am 08.05.2018 lediglich 61)

Forschungshypothesen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollten folgende Hypothesen überprüft werden:

1. Anwohner in unmittelbarer wohnlicher Nähe zu Anlagen der Gasförderung und Personen der gleichen Region, die nicht in unmittelbarer Nähe zu Gasförderanlagen wohnen, unterscheiden sich in der Benzol-Belastung.
2. Anwohner in unmittelbarer wohnlicher Nähe zu Anlagen der Gasförderung und Personen der gleichen Region, die nicht in unmittelbarer Nähe zu Gasförderanlagen wohnen, unterscheiden sich in der Quecksilber-Belastung.

Untersuchungsparameter und Methoden

Die Probenahmen fanden für die Untersuchungsgruppe in den Zeiträumen 12.07.2018 bis 30.07.2018 und 29.10.2018 bis 16.11.2018 statt. In der Kontrollgruppe fand die Probenahme zeitgleich zur Untersuchungsgruppe im Zeitraum 29.10.2018 bis 16.11.2018 statt. Die Luftmessungen wurden durch das Niedersächsische Landesgesundheitsamt (NLGA) mit Unterstützung der Zentralen Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge (ZUS LLGS) des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Hildesheim gemäß DIN EN 14662-5 „Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzol-konzentrationen – Teil 5: Diffusionsprobenahme mit anschließender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie“ unter Verwendung von Passivsammlern des Typs ORSA (Dräger AG, Lübeck) durchgeführt. Durch den Einsatz der Passivsammler war es möglich, eine extrem große Anzahl an Außenluftproben, Innenraumluftproben und personengebundenen Luftproben parallel zu sammeln. Für die Bestimmung der Benzol-Luftbelastung ist diese Art der passiven Probenahme etabliert und validiert (LANUF 2014). Allerdings sind aufgrund der geringen Sensitivität der Luftmessungen mit Passivsammlern eine Tagesbelastungsmessung und damit auch eine direkte parallele, die 24-h-HBM-Messung begleitende Messung nicht möglich. Um eine ausreichende Nachweisempfindlichkeit zu erhalten, waren die Passivsammler über einen Zeitraum von zwei Wochen zu tragen. Um einen bestmöglichen Vergleich von Luftbelastung und HBM-Ergebnissen zu ermöglichen, wurden die Passivsammler jeweils im gesamten Zeitraum der zwei Messkampagnen getragen bzw. im Innenraum sowie im Außengelände der Wohnung platziert. Die ORSA-Sammler für die Außenluftproben wurden in einem speziellen Probenahmeträger, der u. a. vor Regen schützen soll, und der sich bereits für die Luftmessungen der ZUS LLGS bewährt hat, eingesetzt (siehe Infoblatt für Luftmessungen in den Anlagen). Diese Außenluftproben wurden von den Mitarbeitern des NLGA oder des IPASUM im Außenbereich des Hauses in 1,5 bis 2 m Höhe, z. B. in Ästen von nahestehenden Bäumen, an Terrassen- und Balkon-

Überdachungen oder Rosenbögen, angebracht. Für die Innenluftproben wurden die ORSA-Sammler in einem portablen Träger eingesetzt. Diese Träger wurde dann in dem Raum, in dem sich die Teilnehmer zuhause voraussichtlich am meisten aufhalten würden, an einer Stelle, die nicht der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt wurde, möglichst in 1,5 bis 2 m Höhe platziert. Die Teilnehmer wurden gebeten, Außenluft- und Innenraumluft-probensammler möglichst nicht zu verändern. Für die personengebundene Probenahme wurden die ORSA-Sammler ebenfalls in einen mobilen Träger mit Klippfunktion eingesetzt und den Teilnehmern am Kragen bzw. Revers angebracht. Die Teilnehmer wurden über die Funktionsweise des Sammlers und des Trägers sowie über diverse Verhaltensmaßregeln informiert. Für die Schlafphase wurde eine Platzierung des personengebundenen ORSA-Sammlers neben dem Bett in Kopfhöhe empfohlen. Jedem Teilnehmer wurde ein Infoblatt mit Beschreibung der Luftprobensammler und den wichtigsten Vorkehrungsmaßnahmen ausgehändigt (siehe Anlage VII). In der Regel wurden sämtliche Probensammler am Ende des Probenahmezeitraums vom Studienpersonal eingesammelt und in die luftdicht verschließbaren Transportgefäße überführt und die Probenahmedauer protokolliert. In einigen Einzelfällen, z. B. bei berufstätigen Familienmitgliedern, wurden personengebundene Probensammler von den Teilnehmern selbsttätig am Ende der Probenahmephase in die Transportgefäße überführt. Unter Berücksichtigung einer Probenahmedauer von exakt 14 Tagen betrugen die Bestimmungsgrenzen für Benzol 0,43 µg/m^3, für Toluol 0,48 µg/m^3, für Ethylbenzol 0,53 µg/m^3 und für o-, m- und p-Xylol 0,50, 0,55 und 0,54 µg/m^3 Luft. Eine Bestimmung der Luftbelastung mit Quecksilber ist Passivsammlern nicht möglich, da luftgetragene Quecksilber-Verbindungen im großen Maße in Partikelform bzw. Partikel-gebunden vorliegen und somit nicht in die Sammler diffundieren können.

Ferner wurden die S-Phenylmerkaptursäure in Urin als spezifischer Biomonitoringparameter für Benzol-Belastungen, Quecksilber in Urin zur Beurteilung der Quecksilber-Belastungen und Cotinin in Urin als Metabolit von Nikotin zur Quantifizierung von aktiver und passiver Tabakrauch-Belastung bestimmt. Schließlich wurde auch der Kreatinin-Gehalt in den Urinproben bestimmt, um Kreatinin-bezogene Konzentrationen der Belastungsparameter auswerten zu können, sowie zur Überprüfung der Vollständigkeit der 24h-Urinsammlung. Eine detaillierte Beschreibung der Analysenverfahren für die Belastungsparameter findet sich in den Anlagen (Anlage III). Von jedem Teilnehmer wurden ein Fragebogen mit Merkmalen zur Person und dem Wohnungsumfeld (standardisierter Fragebogen auf Basis der DSHS-Studie 2010), sowie je ein Fragebogen begleitend zu den 24h-Urinprobenahmen ausgefüllt (siehe Anlagen V und VI). Diese Angaben wurden zur Identifizierung weiterer Determinanten und zur Plausibilitätsprüfung verwendet.

Statistische Auswertungen

Im Rahmen der statistischen Auswertung der HBM-Studie wurden sowohl die analytischen Messparameter (S-Phenylmerkaptursäure in Urin, Quecksilber in Urin und Cotinin in Urin) sowie die Fragebogendaten deskriptiv und vergleichend ausgewertet. Die statistische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS Statistics Version 25 (IBM, Armonk, USA).

Dabei wurden die Parameter S-Phenylmerkaptursäure in Urin und Quecksilber in Urin sowohl in der ursprünglichen Messeinheit µg/L, als auch in den Einheiten µg/g Kreatinin und µg Gesamtausscheidung pro Tag ausgewertet. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (<BG) wurden mit der halben Bestimmungsgrenze in die statistische Auswertung einbezogen. Die Berechnung des Wertes in der Dimension µg/g Kreatinin erfolgte für jede Urinprobe separat durch Bildung des Quotienten aus dem jeweiligen Parameter in µg/L und dem Kreatiningehalt in g/L. Die Berechnung des Wertes in der Dimension µg/Tag erfolgte ebenfalls für jede Urinprobe separat durch die Multiplikation des Parameters in µg/L mit dem Volumen der Urinprobe in L. Anschließend wurde für die jeweilige Untersuchungsperiode (Sommer und Herbst) ein Mittelwert aus den Ergebnissen der Urinproben gebildet. Im Falle der Parameter mit der Einheit µg/Tag wurde der Mittelwert nur aus den Urinproben gebildet, deren Tageskreatinin-Ausscheidungen (Kreatinin-Konzentration in g/L multipliziert mit Urinvolumen in L) einen Variationskoeffizienten von ≤ 35 % aufwiesen.

Vor der statistischen Analyse wurden anhand der Fragebogenangaben sowie der Cotinin-Ausscheidung nochmals die Einschlusskriterien überprüft. Aufgrund der Angaben in den Fragebögen wurde ein Raucher in der Kontrollgruppe sowie 7 Nichtraucher in Raucherhaushalten identifiziert und eliminiert (Tabelle 1). Außerdem wurden Personen mit unklarer Tabakrauch-Exposition anhand der Cotinin-Konzentration im Urin identifiziert und von den weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Dazu wurde der wissenschaftlich vorgeschlagene Cut-Off-Wert (Wert zur Abgrenzung zweier Gruppen) zur Differenzierung zwischen Passivrauch- und Aktivrauch-Belastungen von 100 µg Cotinin/L Urin (Haufroid und Lison, 1998) herangezogen. Ein „Nichtraucher“ der Untersuchungsgruppe, bei dem dieser Wert überschritten war, wurde deshalb ebenfalls ausgeschlossen.

Das Auswertekonzept konzentriert sich vornehmlich auf die Beantwortung der Hypothesen und behandelt deshalb prioritär den Vergleich zwischen den drei Studiengruppen (Kontrollgruppe versus Nichtraucher der Untersuchungsgruppe, Nichtraucher versus Raucher der Untersuchungsgruppe) bezüglich der Belastungsparameter für Benzol und Quecksilber. Darüber hinaus sollten wesentliche zusätzliche Determinanten, deren Maßzahlen aus dem Fragebogen entnommen wurden, für die Belastungen identifiziert werden. Sofern diese Determinanten eine dichotome Differenzierung ermöglichten, wurden

diese zur Bildung von Subgruppen verwendet und der Vergleich zwischen Kontrollgruppe und Untersuchungsgruppe in diesen Subgruppen durchgeführt. Im Falle der Quecksilber-Ausscheidung wurde diesbezüglich zwischen Personen, die Amalgamfüllungen trugen, und Personen, die keine Amalgamfüllungen trugen, differenziert. Für kontinuierliche Parameter wurden im Rahmen der deskriptiven Auswertung der Median, das 95. Perzentil sowie Minimal- und Maximalwerte ermittelt. Kategoriale Parameter wurden entsprechend der vorgegebenen Kategorien beschrieben. Vergleichende Analysen wurden einerseits zwischen der Kontrollgruppe (ausschließlich Nichtraucher) und den Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe und anderseits zwischen den Nichtrauchern und Rauchern der Untersuchungsgruppe durchgeführt (unverbundene Stichproben). Der Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe war aufgrund des Studiendesigns nur für die Untersuchungsperiode Herbst möglich. Für Parameter, für die eine Normalverteilung angenommen werden konnte, erfolgte die vergleichende Analyse mittels t-Test (in den Ergebnistabellen mit TT gekennzeichnet). Bei kategorialen Parametern erfolgte die Vergleichsanalyse mit dem Chi-Quadrat-Test (mit χT gekennzeichnet). Für Parameter, die keine Normalverteilung aufwiesen, wie z. B. die Belastungsparameter, erfolgte die vergleichende Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test (mit MT gekennzeichnet). Vergleichende Untersuchungen erfolgten auch für die diversen Parameter innerhalb der beiden Subgruppen der Untersuchungsgruppe zwischen den beiden Untersuchungsperioden Sommer und Herbst (verbundene Stichproben). Hierfür wurde bei den Parametern, die keine Normalverteilung aufwiesen, der Wilcoxon-Test (mit WT gekennzeichnet) verwendet. Alle statistischen Vergleiche erfolgten beidseitig. Für alle vergleichenden Analysen wurden Ergebnisse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner 5 % ($p < 0,05$) als signifikant betrachtet. p-Werte, die signifikante Unterschiede identifizieren, wurden im Bericht fett gedruckt. Hinsichtlich der Luftmessungen sind nur die Benzol-Messergebnisse im Bericht detailliert dargestellt und diskutiert. Die deskriptiven Analysen zu den anderen BTEX-Aromaten finden sich in Anhang IV in den Tabellen A5 und A6.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgt entweder in Form von sogenannten Box-Diagrammen oder Streu-Diagrammen. In den Box-Diagrammen stellt das Rechteck (Box) den Interquartil-Bereich (25.-Perzentil bis 75.-Perzentil) dar, und die Linie in der Box den Median (50.-Perzentil) der Ergebnisverteilung dar. Die Stempel-Enden beschreiben dabei die höchsten Abweichungen von Einzelwerten vom Median (nach Eliminierung von statistischen „Ausreißern“, die gesondert mit Stern oder Kreis dargestellt werden). Im Streudiagramm werden die individuellen Wertepaare für zwei Parameter dargestellt und im Falle einer statistisch signifikanten linearen Beziehung zwischen den beiden Parametern auch die Ausgleichsfunktion abgebildet.

Ergebnisse

Für die Untersuchungsgruppe nahmen 37 aktive Raucher und 74 Nichtraucher in Nichtraucherhaushalten sowie für das Vergleichskollektiv 84 Nichtraucher an der Studie teil. Aufgrund der Ausschlusskriterien reduzierten sich die Zahlen für die statistische Auswertung bei den Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe auf 66 bzw. 65 Personen (Sommer und Herbst) und bei der Kontrollgruppe auf 78 Personen. Somit wurden die in der Fallabschätzung berechneten Mindestteilnehmerzahlen von je 63 Nichtrauchern und 34 Rauchern bei allen Gruppen eingehalten (siehe Anlage II).

Tabellen 2 und 3 beschreiben die Charakteristik der drei Gruppen. Statistisch unterschieden sich die Gruppen in keinem der Charakterisierungsparameter (Body-Mass-Index (BMI), Alter, Geschlechtsverteilung, Aufenthaltsverteilung bei der Arbeit, Amalgam als Zahnrestaurations-mittel, Verkehrslage der Wohnung). Das Alter der Teilnehmer lag im Bereich von 18 bis 78 Jahren mit Median-Werten von 54, 51 und 46,5 Jahren für Kontrollgruppe, Nichtraucher und Raucher der Untersuchungsgruppe.

Tabelle 2: Charakterisierung und Vergleich der untersuchten Gruppen durch kontinuierliche Parameter (Median (Min-Max))

Parameter	**Kontroll-gruppe**	**Untersuchungs-gruppe Nichtraucher**	**Untersuchungs-gruppe Raucher**	**p-Wert[1,TT]**	**p-Wert[2,TT]**
Anzahl	78	66	37		
Body-Mass-Index [kg/m²]	26 (19 – 44) n=77	27 (19 – 37) n=58	25 (22 – 41) n=35	0,290	0,794
Alter [Jahre]	54 (18 - 69) n=78	51 (24 - 78) n=63	46,5 (19 – 66) n=32	0,901	0,061
Anteil der Arbeit im Innenbereich [%]	95 (10 - 100) n=59	80 (5 – 100) n=52	97 (15 – 100) n=35	0,218	0,522
Anteil der Arbeit im Außenbereich [%]	5 (0 – 90) n=59	20 (0 – 95) n=52	7,5 (0 – 100) n=35	0,153	0,536

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

In allen Teilnehmergruppen waren die Männer etwas überrepräsentiert (59,5; 54,8 und 51,4 JahreProzent). In den beiden Nichtrauchergruppen waren ca. 50 % der Teilnehmer in Vollzeit beschäftigt, während der Vollzeittätigkeitsanteil bei den Rauchern etwas höher war. Etwa 1/5 der Teilnehmer war in Teilzeit beschäftigt. Von etwa 3/4 der Teilnehmer befand sich die Wohnung nicht in unmittelbarer Nähe zu einer stark befahrenen Straße (Abstand > 50 m). Etwa die Hälfte der Teilnehmer jeder Gruppe gab an, Amalgam-Füllungen zu tragen.

In der Gesamtschau waren die Studiengruppen hinsichtlich des Geschlechts und des Zahnstatus (Amalgam-Füllungen) relativ gleichmäßig verteilt. Ein hoher Anteil von Wohnungen ohne direkte Nähe zu stark befahrenen Straßen (Abstand > 50 m) dürfte sich positiv auf die Möglichkeit, einen Belastungseintrag durch naheliegende Erdgas-Förderanlagen aufdecken zu können, auswirken. Grundsätzlich erleichtert und vereinfacht die gleichartige Charakteristik der Gruppen die Auswertung und den statistischen Vergleich der Gruppen.

Tabelle 3: Charakterisierung und Vergleich der untersuchten Gruppen (kategoriale Parameter)

Parameter	**Kategorie**	**Kontroll-gruppe**	**Unter-suchungs-gruppe Nichtraucher**	**Unter-suchungs-gruppe Raucher**	**p-Wert[1,χT]**	**p-Wert[2,χT]**
Geschlecht	männlich weiblich	59,5% 40,5 %	54,8% 45,2 %	51,4% 48,6%	0,815	0,542
Zähne mit Amalgam-füllung	ja nein keine Angabe	53,9% 46,1% 0%	50,8% 49,2% 0%	45,9% 51,4% 2,7%	0,706	0,733
Verkehrs-nahe Lage der Wohnung	ja nein keine Angabe	17,7% 82,3% 0%	24,2% 75,8% 0%	32,4% 64,9% 2,7%	0,334	0,326
Erwerbs-tätigkeit	Vollzeit Teilzeit stundenweise nicht erwerbstätig keine Angabe	50,0% 23,1% 6,4% 20,5% 0%	53,0% 15,2% 6,1% 25,8% 0%	67,6% 24,3% 2,7% 5,4% 0%	-	-

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

Ein weiterer wichtiger Parameter zur Beschreibung der Studiengruppen ist der **Cotinin-Gehalt**, der als Nikotin-Metabolit nicht nur eine Differenzierung zwischen Nichtrauchern und Rauchern ermöglicht, sondern auch das Ausmaß von Passivrauch-Belastungen bei den Nichtrauchern beschreibt. Der Vergleich der Studiengruppen bezüglich dieses Parameters ist in den Tabellen 4 und 5 dargestellt. Erwartungsgemäß unterschieden sich Nichtraucher und Raucher der Untersuchungsgruppe signifikant und deutlich bezüglich dieses Parameters, egal ob der Vergleich für die Werte in der Dimension µg/L, µg/g Kreatinin oder µg/Tag erfolgte (Tabelle 4).

Tabelle 4: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter Cotinin in Urin

Parameter	**Kontroll-gruppe**	**Untersuchungs-gruppe Nichtraucher**	**Untersuchungs-gruppe Raucher**	**p-Wert[1,MT]**	**p-Wert[2,MT]**
Anzahl < BG	57%	50%	3%		
Cotinin in Urin [µg/L]	0,80 ; 6,4 (0,50 – 18,3) n=78	1,17 ; 4,99 (0,50 – 15,5) n=65	1242; 2697 (19,4 – 3000); n=36	0,113	**<0,001**
Cotinin in Urin [µg/g Kreatinin]	1,23 ; 11,4 (0,37 – 48,2) n=78	1,64 ; 8,67 (0,32 ; 39,8); n=65	1394; 3517 (19,9 – 3896); n=36	0,274	**<0,001**
Cotinin in Urin [µg/Tag]	1,46 ; 12,9 (0,29 – 53,5) n=78	1,89; 7,94 (0,33 – 37,2); n=65	1640; 4478 (12,9 – 4524); n=35	0,412	**<0,001**

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

Dagegen unterschieden sich die Nichtraucher der Kontrollgruppe und der Untersuchungsgruppe bezüglich dieses Parameters und somit bezüglich des Passivrauch-Einflusses nicht. Der Cut-Off-Wert zur Differenzierung zwischen Passivrauch- und Aktivrauch-Belastungen von 100 µg/L (Haufroid und Lison, 1998) wurde von einigen Personen aus der Rauchergruppe unterschritten, was darauf hindeutet, dass in dieser Gruppe auch Personen mit geringem oder seltenem Rauchverhalten enthalten waren. Der Vergleich zwischen den Untergruppen wird durch die vergleichenden Box-Plot-Darstellungen (Abbildungen 1 und 2) deutlich.

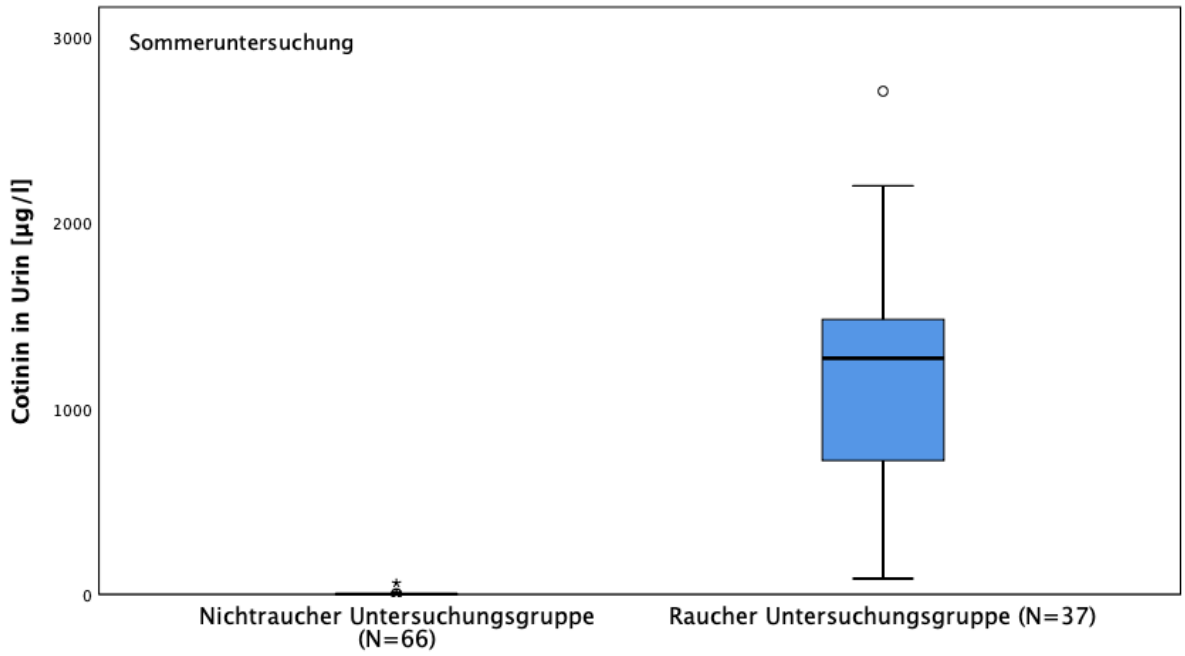

Abbildung 1: Gruppenvergleich für den Parameter Cotinin in Urin in dem Untersuchungszeitraum Sommer

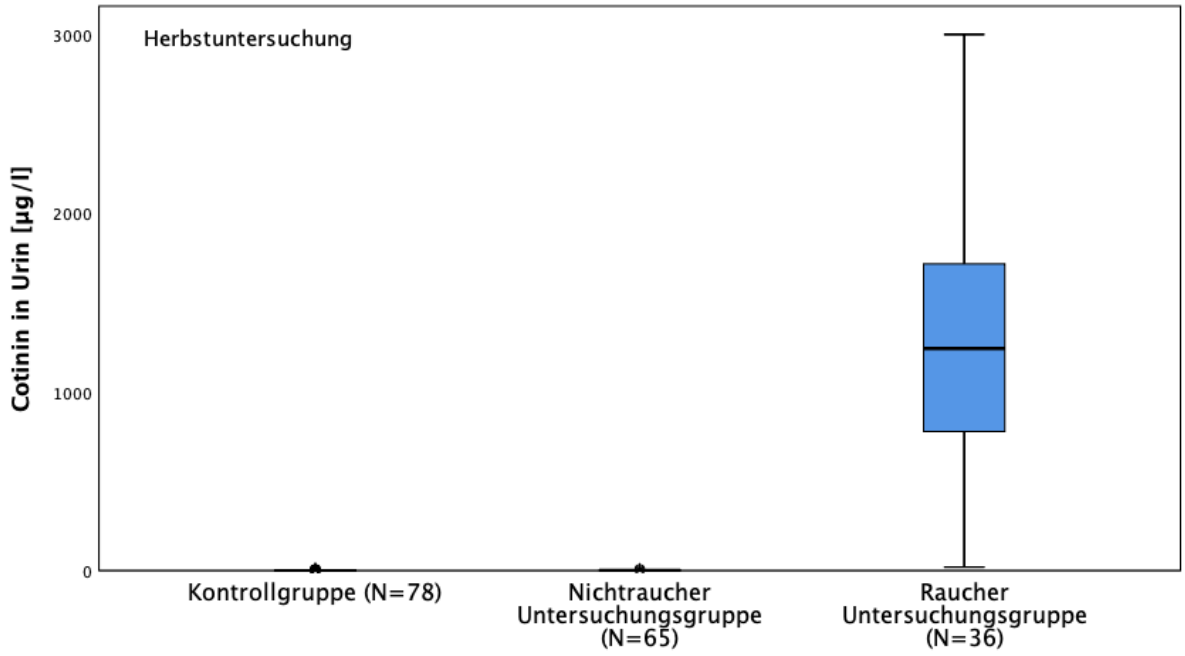

Abbildung 2: Gruppenvergleich für den Parameter Cotinin in Urin in dem Untersuchungszeitraum Herbst

Für einen Vergleich der in der HBM-Studie gewonnenen Cotinin-Konzentrationen bietet sich eine deutsche Studie an, in der sowohl die Cotinin- als auch die S-Phenylmerkaptursäure-Ausscheidung im Urin von Rauchern sowie von Nichtrauchern mit und ohne Passivrauch-Belastung untersucht wurden (Schettgen et al. 2010). Die dort für die Nichtraucher (Median: 3,2 µg/L; 95.-Perz.: 8,0 µg/L) und Raucher (1638 µg/L; 3077 µg/L) gemessenen Cotinin-Konzentrationen sind sehr gut vergleichbar mit den Cotinin-Spiegeln der HBM-Studien-Teilnehmer. Die im Vergleich zu den Nichtrauchern ohne Passivrauch-Exposition höheren Cotinin-Werte bei den Nichtrauchern mit Passivrauch-Exposition (16,3 µg/L; 35,9 µg/L) weisen darauf hin, dass die Passivrauch-Belastung in den Nichtraucher-Gruppen der HBM-Studie eher gering war. Für die beiden Untergruppen der Untersuchungsgruppe konnte ein Vergleich bezüglich dieses Parameters auch für die beiden Untersuchungszeiträume durchgeführt werden (Tabelle 5).

Tabelle 5: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für den Parameter Cotinin in Urin

Parameter	Untergruppe	Sommer	Herbst	p-Wert^{WT}
Cotinin in Urin [µg/L]	Nichtraucher	1,25 ; 4,51 (0,50 – 60,6); n=66	1,17 ; 4,99 (0,50 – 15,5) n=65	0,940
	Raucher	1269; 2248 (85,1 – 2706); n=37	1242; 2697 (19,4 – 3000); n=36	0,116
Cotinin in Urin [µg/g Kreatinin]	Nichtraucher	1,99 ; 7,68 (0,31 – 62,7); n=66	1,64 ; 8,67 (0,32 ; 39,8); n=65	0,603
	Raucher	1510; 3914 (124 – 4029); n=37	1394; 3517 (19,9 – 3896); n=36	**0,059**
Cotinin in Urin [µg/Tag]	Nichtraucher	2,27 ; 10,6 (0,31 – 71,78); n=66	1,89; 7,94 (0,33 – 37,2); n=65	0,412
	Raucher	1871; 4330 (124 – 4374); n=37	1640; 4478 (12,9 – 4524); n=35	**0,018**

Dabei unterschieden sich der Cotinin-Spiegel im Urin für Nichtraucher und damit der Passivrauch-Einfluss zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen nicht voneinander. Dagegen weisen die statistisch signifikanten, aber verhältnismäßig geringen Unterschiede der Cotinin-Werte in den Dimensionen µg/g Kreatinin und µg/Tag bei der Raucher-Gruppe auf ein gering stärkeres Rauchverhalten dieser Gruppe im Sommer im Vergleich zum Herbst hin.

Als erster Belastungsparameter wurde die **Benzol-Luftbelastung** in Form der Außenluft-, Innenraumluft- und personengebundenen Belastung untersucht (Tabellen 6 und 7). Die Anzahl der Messwerte für die Innenraumluft- und die Außenluftproben sind dabei geringer

als für die personengebundenen Messungen, weil diese jeweils auf die Anzahl der untersuchten Haushalte bezogen sind. Der europäische Grenzwert für die über das Jahr gemittelte Benzol-Belastung von 5 µg/L wurde dabei in keiner Außenluft-Einzelmessung überschritten. Ferner unterschieden sich die Benzol-Außenluftbelastungen zwischen den 3 Untergruppen nicht signifikant voneinander. Darüber hinaus stimmen die Median-Werte für die Benzolaußenluftmessungen sehr gut mit den Jahresmittelwerten überein, die das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim für die Benzol-Belastung im Jahr 2018 an städtischen, vorstädtischen und ländlichen Probenahmestellen in Niedersachsen ermittelt hat. Diese lagen bei allen diesen Probe-nahmestellen bei 0,5 µg/m^3 (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, 2019).

Tabelle 6: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter Benzol in der Luft in der Herbstuntersuchung

Parameter	**Kontroll-gruppe**	**Untersuchungs-gruppe Nichtraucher**	**Untersuchungs-gruppe Raucher**	**p-Wert^{1,MT}**	**p-Wert^{2,MT}**
Benzol in Luft [µg/m^3] personengeb.	0,93 (0,49 – 4,56) n = 66	1,03 (0,49 – 14,98); n = 55	2,07 (0,54 – 15,81); n = 30	0,360	**0,003**
Benzol in Luft Innenraumluft [µg/m^3]	0,91 (0,48 – 4,36) n = 49	1,09 (0,50 – 17,01); n = 36	1,53 (0,45 – 9,59) n = 24	0,262	0,327
Benzol in Luft Außenluft [µg/m^3]	0,49 (0,36 – 0,76) n = 53	0,50 (0,34 – 1,69); n = 39	0,50 (0,23 – 4,21) n = 24	0,928	0,887

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

Ferner unterschieden sich die Kontrollgruppe und die Nichtraucher der Untersuchungs-gruppe ebenfalls nicht hinsichtlich der Benzol-Belastung im Innenraum sowie der personengebundenen Belastung. Dagegen zeigten sich signifikante Unterschiede für die Benzol-Innenraumluftbelastung und der personengebundenen Benzol-Belastung zwischen den Nichtrauchern und Rauchern der Untersuchungsgruppe. Diese Unterschiede sind mit Blick auf die Emissionen beim Rauchen plausibel. Selbst wenn der Tabakrauchkonsum bei einigen Rauchern häufig außerhalb der Wohnung stattfindet, dürfte eine Kontamination des Innenraumes durch Tabakrauch nicht vollständig zu vermeiden sein. Grundsätzlich fällt sowohl für Raucher- als auch für Nichtraucherhaushalte auf, dass die in der Innenraumluft

gemessenen und die personengebundenen Benzol-Belastungen höher liegen als die Außenluftbelastung, was auf zusätzliche, noch nicht eindeutig zuordenbare Emissionsquellen im Innenraum (z. B. Verbrennungsvorgänge in der Wohnung, Lagerung von Treibstoff) sowie während des täglichen Bewegungsmusters (z. B. Aufenthalt auf/an befahrenen Straßen) hindeutet.

Weiterhin wurden die Benzol-Luftbelastungen in den beiden Untersuchungszeiträumen für die Nichtraucher und Raucher der Untersuchungsgruppe getrennt verglichen (Tabelle 7). Dabei zeigte der Vergleich der Außenluftbelastung für beide Untergruppen signifikant höhere Benzol-Belastungen im Herbst im Vergleich zum Sommer. Dieser Effekt war aufgrund der im Herbst häufiger auftretenden Inversionswetterlagen erwartet worden und ist plausibel. Die Bestätigung dieser Hypothese stützt auch das Studiendesign, in dem der Vergleich zwischen der Untersuchungsgruppe und Kontrollgruppe für den Herbst konzipiert wurde. Der jahreszeitliche Effekt konnte für die Nichtraucher und für die Raucher, aber auch bei der personengebundenen Luftmessung als auch bei den Innenraumluftmessungen festgestellt werden, wobei der Effekt bei den personengebundenen Messungen der Raucher deutlich schwächer ausgeprägt war.

Tabelle 7: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter Benzol in der Luft

Parameter	Untergruppe	Sommer	Herbst	p-Wert^{WT}
Benzol in Luft [µg/m^3] personengeb.	Nichtraucher	0,43 (0,38 – 8,66) n=59	1,03 (0,49 – 14,98) n=55	**<0,001**
	Raucher	1,41 (0,43 – 9,33) n=31	2,07 (0,54 – 15,81) n=30	**0,009**
Benzol in Luft Innenraumluft [µg/m^3]	Nichtraucher	0,43 (0,41 – 9,90) n=43	1,09 (0,50 – 17,01) n=36	**<0,001**
	Raucher	0,43 (0,43 – 16,22) n=26	1,53 (0,45 – 9,59) n=24	**0,002**
Benzol in Luft Außenluft [µg/m^3]	Nichtraucher	0,16 (0,11 – 0,51) n=39	0,50 (0,34 – 1,69) n=39	**<0,001**
	Raucher	0,21 (0,14 – 0,67) n=24	0,50 (0,23 – 4,21) n=24	**<0,001**

Insbesondere die deutlichen Unterschiede für die Benzolbelastungen der Nichtraucher und Nichtraucherhaushalte weisen darauf hin, dass Änderungen der Außenluftbelastungen trotz der weiteren Einflussfaktoren die individuelle Benzol-Belastung maßgeblich beeinflussen können.

Die Auswertungen für die **S-Phenylmerkaptursäure (SPMA)** in Urin als HBM-Parameter für Benzol sind in den Tabellen 8 und 9 zusammengestellt, sowie in den Abbildungen 3 - 4 dargestellt. Dabei unterschieden sich die Nichtraucher der Untersuchungsgruppe nicht von den Kontrollprobanden, unabhängig davon, ob die SPMA-Werte volumen-bezogen (µg/L), Kreatinin-bezogen (µg/g Kreatinin) oder als Tagesgesamtausscheidung (µg/Tag) betrachtet werden (Tabelle 8). Auch die deskriptiven Werte (Mediane und 95.-Perzentile) weisen für diese beiden Gruppen eine hohe Übereinstimmung auf. Die Kreatinin-bezogenen Werte für das 95.-Perzentil der jeweiligen Verteilungen lagen im Herbst für beide Nichtrauchergruppen höher als der für Nichtraucher abgeleitete Biologische Arbeitsstoff-Referenzwert (BAR) von 0,30 µg/g Kreatinin (DFG, 2019). Bei dem BAR handelt es sich um einen Wert, der am 95. Perzentil der Hintergrundbelastung von nichtrauchenden Personen im erwerbstätigen Alter, die aber nicht beruflich gegenüber dem Stoff exponiert sind, abgeleitet wurde.

Tabelle 8: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter S-Phenylmerkaptursäure (SPMA) in Urin in der Herbstuntersuchung

Parameter	**Kontroll-gruppe**	**Untersuchungs-gruppe Nichtraucher**	**Untersuchungs-gruppe Raucher**	**p-Wert[1,MT]**	**p-Wert[2;MT]**
Werte < BG	64%	66%	4%		
SPMA in Urin [µg/L]	0,08 ; 0,21 (0,04 – 0,55); n=78	0,08 ; 0,32 (0,04 – 0,78); n=65	2,03 ; 8,02 (0,07 – 9,10); n=36	0,618	**<0,01**
SPMA in Urin [µg/g Kreatinin]	0,12 ; 0,52 (0,03 – 0,72); n=78	0,11 ; 0,55 (0,05 – 1,17); n=65	2,33 ; 14,6 (0,10 – 25,2); n=37	0,621	**<0,01**
SPMA in Urin [µg/Tag]	0,14 ; 0,46 (0,05 – 1,40); n=78	0,14; 0,52 (0,05 – 1,72); n=66	3,18; 14,8 (0,09 – 19,5); n=37	0,960	**<0,01**

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

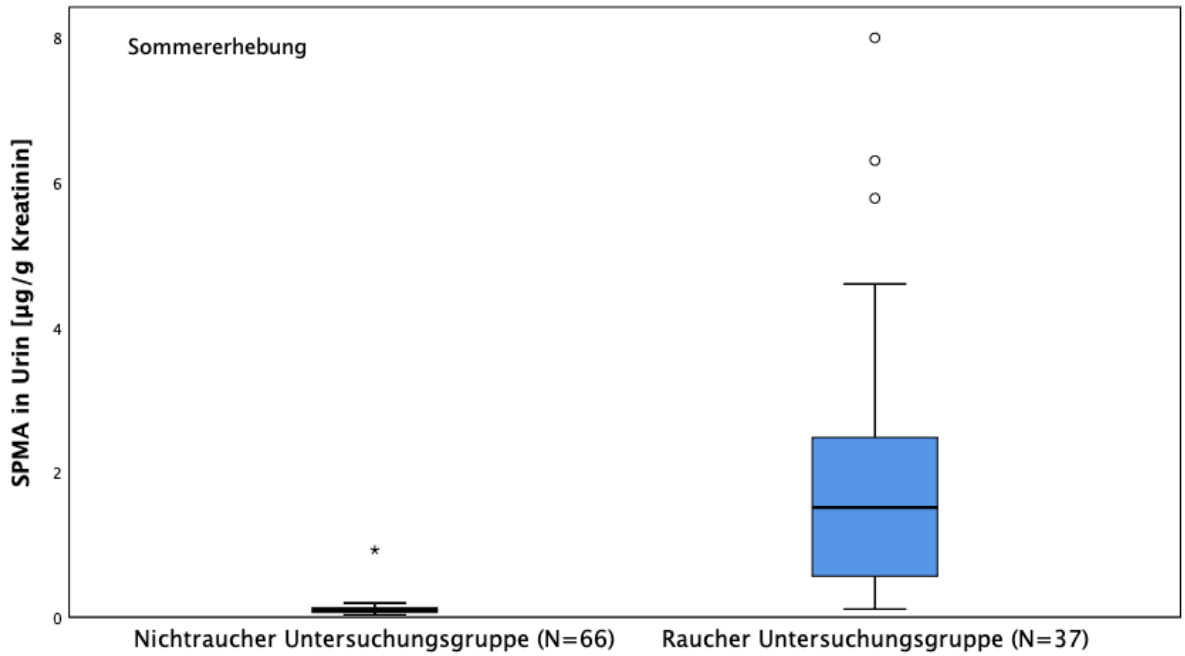

Abbildung 3: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter SPMA in Urin in dem Untersuchungszeitraum Sommer

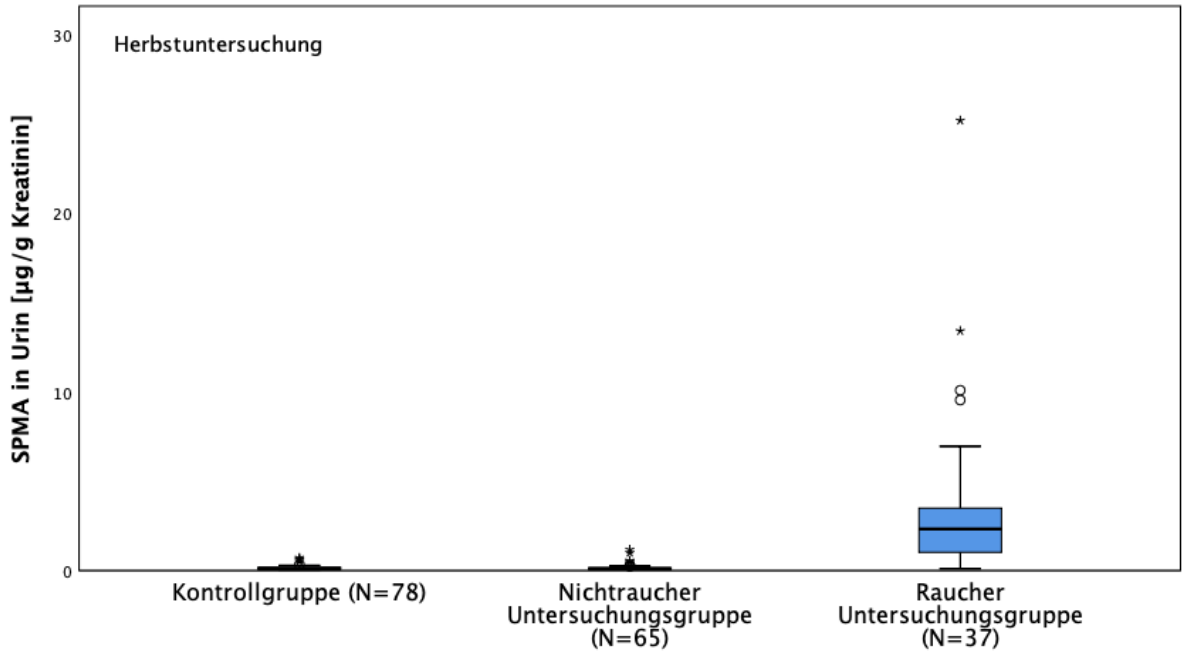

Abbildung 4: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter SPMA in Urin in dem Untersuchungszeitraum Herbst

Die im Vergleich zum BAR höhere SPMA-Ausscheidung in den Nichtraucherkollektiven dürfte jedoch den besonderen Witterungsverhältnissen im Herbst geschuldet sein (siehe unten). Einen signifikanten und markanten Unterschied in der Benzol-Belastung zeigen die SPMA-Werte für den Vergleich zwischen den Rauchern und Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe. Dieser ist aufgrund des hohen Benzol-Gehaltes im Tabakrauch auch so erwartet worden und bestätigt die Validität des Parameters. Der Vergleich der drei Gruppen ist in Abbildung 4 graphisch dargestellt. Auch für die SPMA sind die in der HBM-Studie gemessenen Werte sehr gut vergleichbar mit den Konzentrationen, die in einer früheren Studie für Raucher und Nichtraucher in Deutschland gemessen wurden (Schettgen et al. 2010). In der Studie betrug der Median und das 95.-Perzentil für Nichtraucher 0,12 µg/g Kreatinin und 0,31 µg/g Kreatinin und für Raucher 1,30 µg/g Kreatinin und 4,63 µg/g Kreatinin. Mittelwerte und Standardabweichung betrugen 0,15 ± 0,13 µg/g Kreatinin für die Kontrollgruppe, 0,17 ± 0,19 µg/g für die Nichtraucher der Untersuchungsgruppe und 3,53 ± 4,71 µg/g für die Raucher. Dabei liegt der für die Nichtraucher der Kontrollgruppe gewonnene Mittelwert von 0,15 µg/g etwas höher als der Bezugswert in der Fallzahlberechnung von 0,1 µg/g, während die Standardabweichung von 0,13 µg/g in der Realität sogar eine geringere Streuung aufzeigt als zunächst erwartet (Erwartungswert ±0,20 µg/g; siehe auch Anlage II).

Tabelle 9 zeigt den Vergleich der SPMA-Konzentrationen zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen im Sommer und im Herbst. Hier weisen beide Untergruppen, deren Belastung in beiden Untersuchungszeiträumen analysiert wurde (Raucher und Nichtraucher der Untersuchungsgruppe), signifikant höhere Werte für den HBM-Parameter des Benzols in den Proben, die im Herbst gewonnen wurden, im Vergleich zum Sommer auf und zwar unabhängig von der Bezugsform. Bei den Nichtrauchern liegt das 95.-Perzentil der SPMA-Ausscheidung für den Sommer mit 0,19 µg/g Kreatinin nun auch deutlich unter dem BAR-Wert (siehe oben). Diese Ergebnisse sind angesichts der ebenfalls im Herbst gemessenen höheren Benzol-Außenluft-Belastungen plausibel und bestätigen nicht nur den vermuteten jahreszeitlichen Einfluss, sondern auch die Eignung des HBM-Parameters, derartige geringe Belastungsdifferenzen abbilden zu können. Die Leistungsfähigkeit des Parameters wird auch durch die Korrelationen zur Cotinin-Konzentration in den Raucher-Urinen (Abbildungen 6 und 7) und insbesondere durch die Korrelation zwischen den SPMA-Werten und den persönlichen Benzol-Belastungen in den Urinproben der Nichtraucher der Untersuchungsgruppe (Abbildung 5) ersichtlich.

Tabelle 9: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für den Parameter S-Phenylmerkaptursäure (SPMA) in Urin

Parameter	Untergruppe	Sommer	Herbst	p-Wert^{WT}
SPMA in Urin [µg/L]	Nichtraucher	0,05 ; 0,13 (0,05 – 0,20); n=66	0,08 ; 0,32 (0,04 – 0,78); n=65	**<0,01**
	Raucher	1,37 ; 3,26 (0,05 – 4,65); n=37	2,03 ; 8,02 (<BG – 9,10); n=37	**<0,01**
SPMA in Urin [µg/g Kreatinin]	Nichtraucher	0,05 ; 0,13 (0,05 – 0,20); n=66	0,11 ; 0,55 (0,05 – 1,17); n=65	**<0,01**
	Raucher	1,51 ; 6,47 (0,11 – 8,00): n=37	2,33 ; 14,6 (0,10 – 25,2); n=37	**<0,01**
SPMA in Urin [µg/Tag]	Nichtraucher	0,12 ; 0,26 (0,04 – 0,56); n=66	0,14; 0,52 (0,05 – 1,72); n=66	**<0,01**
	Raucher	2,43 ; 8,43 (0,12 – 8,59); n=37	3,18; 14,8 (0,09 – 19,5); n=37	**<0,01**

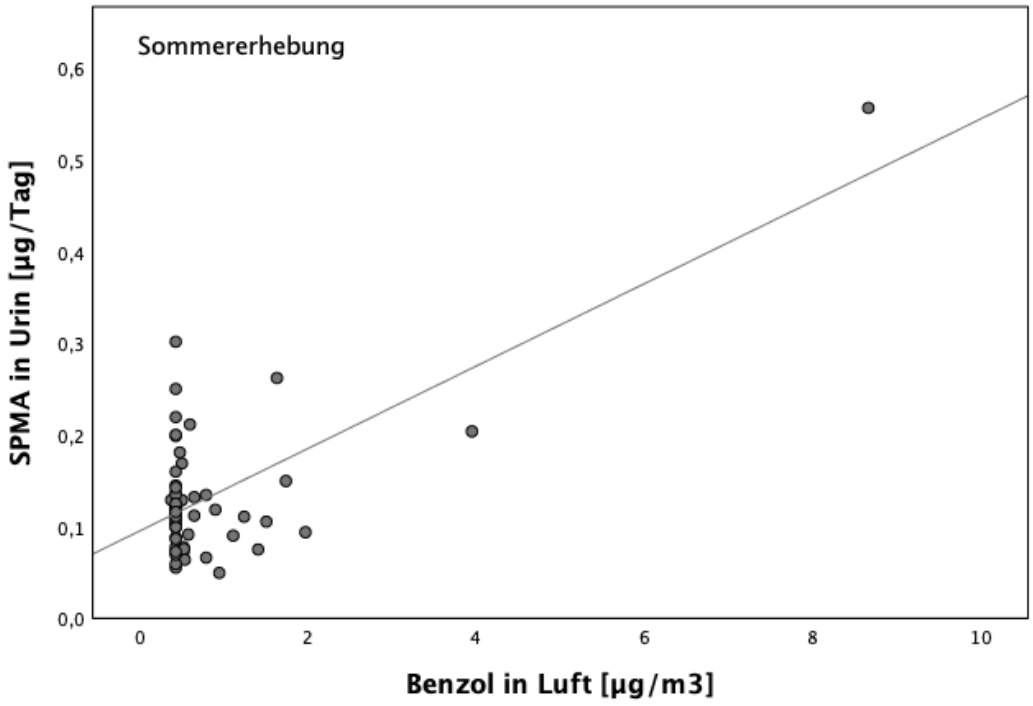

Abbildung 5: Streudiagramm und Korrelation zwischen SPMA in Urin und Benzol in personengebundenen Luftproben (R^2 = 0,479) in der nichtrauchenden Untersuchungsgruppe (n=65) im Untersuchungszeitraum Sommer

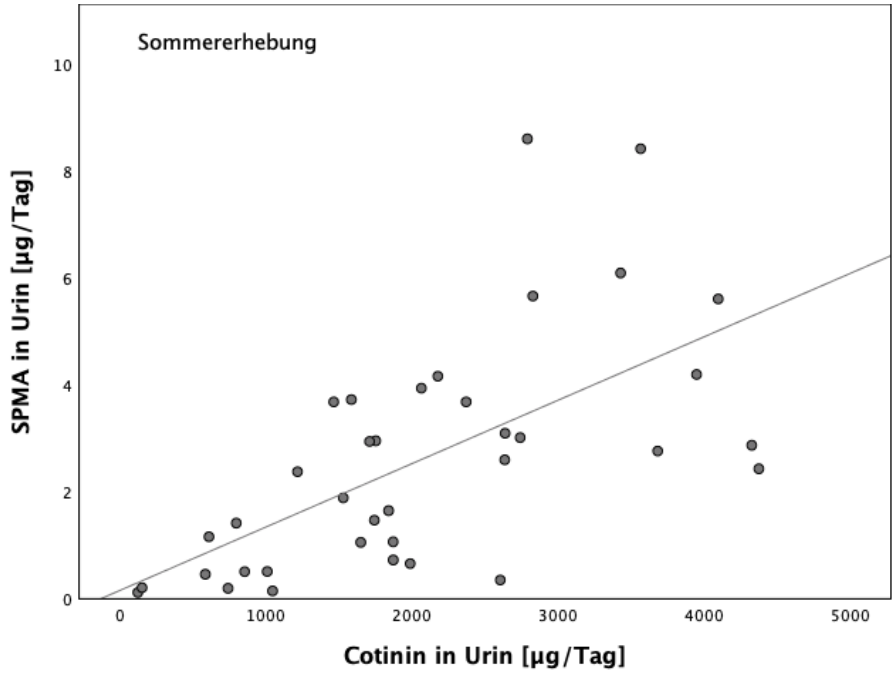

Abbildung 6: Korrelation zwischen den Variablen SPMA in Urin und Cotinin in Urin (R^2 = 0,396) in Rauchern (n=37) im Untersuchungszeitraum Sommer

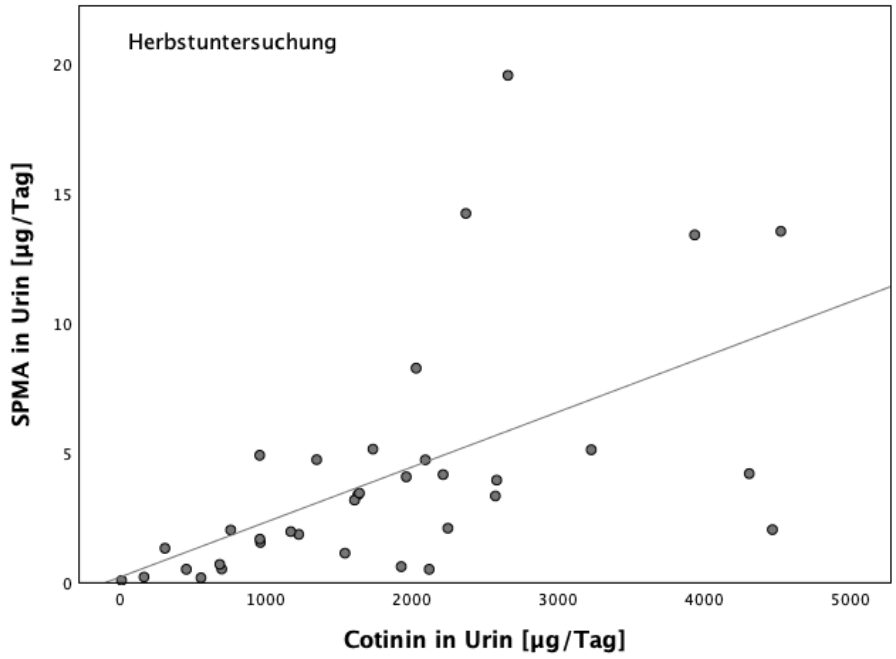

Abbildung 7: Korrelation zwischen den Variablen SPMA in Urin und Cotinin in Urin (R^2 = 0,312) in Rauchern (n=35) im Untersuchungszeitraum Herbst

Die Auswertungen für **Quecksilber in Urin**, dem zweiten bedeutenden HBM-Expositionsparameter, sind in den Tabellen 10 und 11 zusammengestellt und in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt. Beim Vergleich der drei Gruppen, die im Herbst untersucht wurden, konnte kein Unterschied in der Quecksilber-Belastung der verschiedenen Gruppen sowohl für die Volumen-bezogenen Werte (µg/L), als auch für Werte in den Dimensionen µg/g Kreatinin und µg/Tag festgestellt werden. Interessanterweise zeigte sich für die Raucher ein Trend zu niedrigeren Quecksilber-Ausscheidungen im Vergleich zu den Nichtrauchern. Der Effekt deutet sich auch in der Boxplot-Darstellung in Tabelle 8 an, war aber nicht statistisch signifikant. In diesem Zusammenhang sollte darauf hingewiesen werden, dass Tabakrauch-Konsum keine prägnante Determinante für eine Quecksilber-Belastung ist. Schließlich zeigt der Vergleich der 95.-Perzentile mit dem von der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes festgestellten Referenzwertes für Erwachsene ohne Amalgamfüllungen von 1,0 µg/L Urin (UBA 2011), dass die entsprechenden Perzentilwerte der Quecksilber-Belastung in allen untersuchten Gruppen unterhalb des für die deutsche Allgemeinbevölkerung festgelegten Referenzwertes (für Erwachsene ohne Amalgamfüllungen) lagen.

Tabelle 10: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter Quecksilber (Hg) in Urin

Parameter	**Kontroll-gruppe**	**Untersuchungs-gruppe Nichtraucher**	**Untersuchungs-gruppe Raucher**	**p-Wert[1,MT]**	**p-Wert[2,MT]**
N < BG	6%	12%	5%		
Hg in Urin [µg/L]	0,09 ; 0,47 (0,01 – 1,09) n=78	0,11; 0,45 (0,01 - 0,65); n=65	0,07; 0,58 (0,02 – 1,02); n=36	0,787	0,416
Hg in Urin [µg/g Kreatinin]	0,12 ; 0,73 (0,01 – 1,55) n=78	0,12; 0,53 (0,01 – 0,61); n=65	0,08; 0,57 (0,02 – 1,29); n=36	0,964	0,106
Hg in Urin [µg/Tag]	0,14 ; 0,87 (0,01– 2,05) n=78	0,18; 0,83 (0,01 – 0,86); n=65	0,11; 0,68 (0,03 – 0,92); n=35	0,817	0,160

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

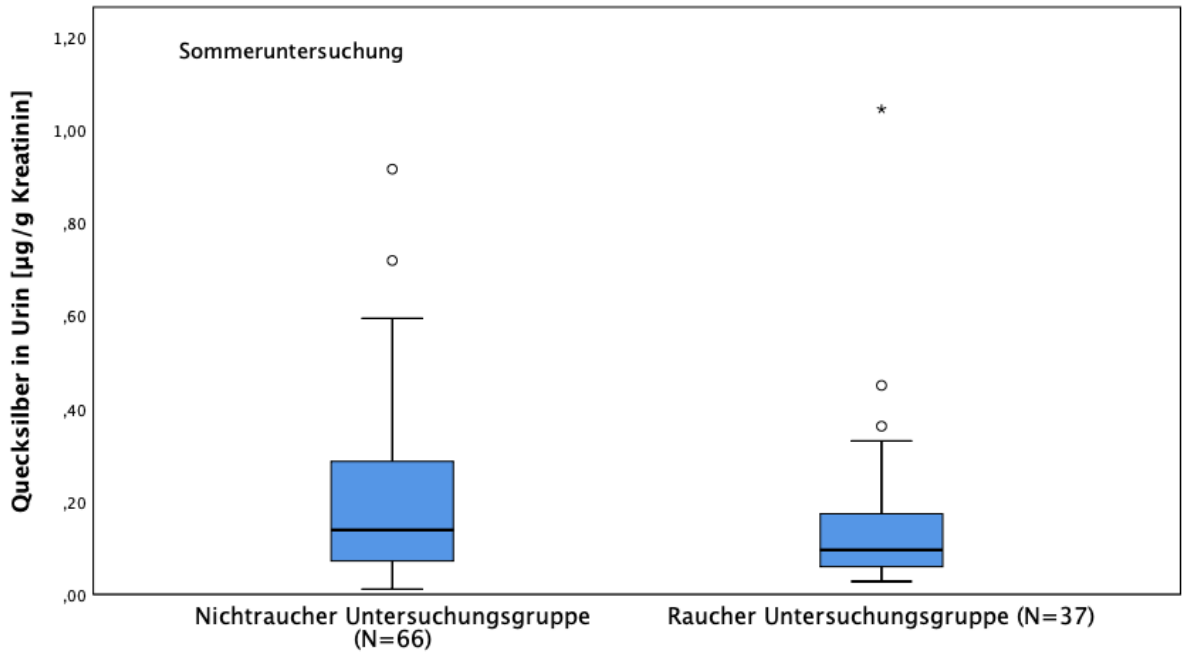

Abbildung 8: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter Quecksilber in Urin in dem Untersuchungszeitraum Sommer

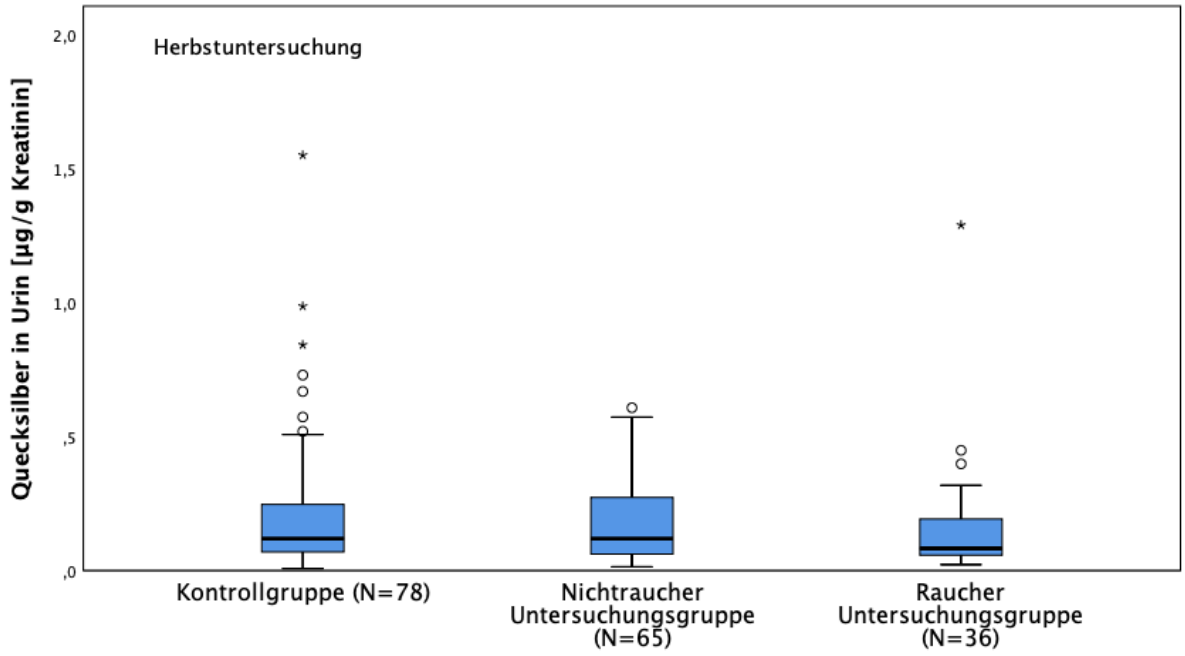

Abbildung 9: Boxplot mit Gruppenvergleich für den Parameter Quecksilber in Urin in dem Untersuchungszeitraum Herbst

Der Vergleich der Quecksilber-Belastungswerte in den beiden Untersuchungszeiträumen ergab in der Regel ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Zeiträumen (Tabelle 11). Lediglich in der Tagesauscheidung von Quecksilber (µg/Tag) wiesen die Raucher im Test der verbundenen Stichproben signifikant aber nur marginal geringere Belastungen im Herbst im Vergleich zum Sommer auf. Auffällig ist ebenfalls für den Untersuchungszeitraum Sommer der Trend zu niedrigeren Quecksilber-Ausscheidungen der Raucher im Vergleich zu den Nichtrauchern. Dieser Vergleich ist ebenfalls in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt. Auch für die im Sommer gewonnenen Quecksilber-Konzentrationen gilt, dass die ermittelten 95.-Perzentil-Werte für beide Gruppen unterhalb des bundesdeutschen Referenzwertes (für Erwachsene ohne Amalgamfüllungen) lagen.

Tabelle 11: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für den Parameter Quecksilber (Hg) in Urin

Parameter	Untergruppe	Sommer	Herbst	p-Wert^{WT}
Hg in Urin [µg/L]	Nichtraucher	0,09; 0,54 (0,01– 0,99); n=66	0,11; 0,45 (0,01 - 0,65); n=65	0,679
	Raucher	0,07; 0,46 (0,02 – 0,81); n=37	0,07; 0,58 (0,02 – 1,02); n=36	0,720
Hg in Urin [µg/g Kreatinin]	Nichtraucher	0,14; 0,59 (0,01– 0,91); n=66	0,12; 0,53 (0,01 – 0,61); n=65	0,520
	Raucher	0,10; 0,51 (0,03 – 1,04); n=37	0,08; 0,57 (0,02 – 1,29); n=36	0,144
Hg in Urin [µg/Tag]	Nichtraucher	0,19; 0,67 (0,02 – 1,14); n=66	0,18; 0,83 (0,01 – 0,86); n=65	0,722
	Raucher	0,12; 0,71 (0,03 – 1,04); n=37	0,11; 0,68 (0,03 – 0,92); n=35	**0,006**

Für alle Untergruppen (Kontrollgruppe, Nichtraucher und Raucher der Untersuchungsgruppe) wurde auch der Einfluss von Amalgam-Füllungen auf den Quecksilber-Spiegel untersucht (Tabelle 12). Dabei zeigten sich bei allen drei Gruppen und für alle Bezugsformen (µg/L, µg/g Kreatinin und µg/Tag) signifikant höhere Quecksilber-Belastungen bei den Personen, die angaben, Amalgamfüllungen zu tragen, gegenüber Personen, die diese Frage verneinten. Besonders deutlich war dieser Effekt bei den Nichtrauchern, sowohl in der Untersuchungsgruppe als auch in der Kontrollgruppe. Der Einfluss von

Amalgamfüllungen auf den Quecksilber-Spiegel ist bekannt und führte unter anderem dazu, dass die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes den Referenzwert für Quecksilber dezidiert für Personen ohne Amalgam-Füllungen formuliert hat (UBA, 1999). Die gefundenen Unterschiede sind somit nicht nur plausibel, sondern bestätigen sowohl die Validität des Parameters, als auch die Bedeutung der gleichen Verteilung von Amalgamfüllungs-Trägern und Nicht-Trägern in den verschiedenen Untergruppen.

Tabelle 12: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Vergleich zwischen den Amalgam- und Nicht-Amalgam-Trägern für den Parameter Quecksilber (Hg) in Urin im Herbst

Parameter	Untergruppe	ohne Amalgam-Füllungen	mit Amalgam-Füllungen	p-Wert^{MT}
Hg in Urin [µg/L]	Kontrollgruppe	0,06; 0,26 (0,01 – 0,90); n=38	0,12; 0,94 (0,03 – 1,09; n=40	**<0,01**
	Nichtraucher	0,05; 0,10 (0,01 – 0,23); n=31	0,15; 0,73 (0,01 – 0,65); n=33	**<0,01**
	Raucher	0,05; -[1] (0,02 – 0,25); n=19	0,08; -[1] (0,03 – 1,02); n=17	**0,035**
Hg in Urin [µg/g Kreatinin]	Kontrollgruppe	0,08; 0,36 (0,01 – 0,84); n=38	0,22; 0,97 (0,05 – 1,55); n=40	**<0,01**
	Nichtraucher	0,10; 0,33 (0,01 – 0,34); n=31	0,26; 0,58 (0,02 – 0,61); n=33	**<0,01**
	Raucher	0,08; -[1] (0,02 – 0,24); n=19	0,12; -[1] (0,05 – 1,29); n=17	**0,025**
Hg in Urin [µg/Tag]	Kontrollgruppe	0,09; 0,52 (0,01 – 1,22); n=38	0,25; 1,65 (0,05 – 2,05); n=40	**<0,01**
	Nichtraucher	0,09; 0,41 (0,02 – 0,50); n=31	0,32; 0,84 (0,01 – 0,86); n=33	**<0,01**
	Raucher	0,08; -[1] (0,03 – 0,29); n=18	0,15; -[1] (0,06 – 0,92); n=17	**0,025**

[1] In dieser Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

Aufgrund des Einflusses des Tragens von Amalgamfüllungen auf den individuellen Quecksilber-Spiegel im Urin wurde der Vergleich zwischen den Studiengruppen nochmals ausschließlich unter Einbeziehen der Personen ohne Amalgamfüllungen durchgeführt

(Tabelle 13). Dabei bestätigte sich, dass kein Unterschied zwischen der Untersuchungsgruppe und der Kontrollgruppe in Bezug auf die Quecksilber-Belastung vorlag.

Tabelle 13: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Quecksilber in Urin bei Nicht-Amalgam-Trägern

Parameter	Kontroll-gruppe	Untersuchungs-gruppe Nichtraucher	Untersuchungs-gruppe Raucher	p-Wert[1,MT]	p-Wert[2,MT]
Hg in Urin [µg/L]	0,06; 0,26 (0,01 – 0,90); n=38	0,05; 0,10 (0,01 – 0,23); n=31	0,05; -[3] (0,02 – 0,25); n=19	0,695	0,904
Hg in Urin [µg/g Kreatinin]	0,08; 0,36 (0,01 – 0,84); n=38	0,10; 0,33 (0,01 – 0,34); n=31	0,08; -[3] (0,02 – 0,24); n=19	0,903	0,555
Hg in Urin [µg/Tag]	0,09; 0,52 (0,01 – 1,22); n=38	0,09; 0,41 (0,02 – 0,50); n=31	0,08; -[3] (0,03 – 0,29); n=18	0,579	0,787

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe
[3] In dieser Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

Trotz des fehlenden Unterschieds zwischen der Untersuchungsgruppe und der Kontrollgruppe wurde auch geprüft, ob ein Unterschied in der Quecksilber-Belastung der Untersuchungsgruppe zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen bestand. Dazu wurde die Quecksilber-Ausscheidung im Urin der Nicht-Amalgam-Träger in den beiden Zeiträumen getrennt für Nichtraucher und Raucher in allen drei Konzentrations- bzw. Mengenangaben betrachtet (Tabelle 14). Dabei wurde für keine der Untergruppen und für keine der drei Quecksilber-Parameter ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt.

Tabelle 14: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Vergleich zwischen den Untersuchungszeiträumen für den Parameter Quecksilber (Hg) in Urin bei Nicht-Amalgamträgern

Parameter	Untergruppe	Sommer	Herbst	p-Wert^{WT}
Hg in Urin [µg/L]	Nichtraucher	0,06 ; 0,49 (0,01 – 0,99); n=32	0,05; 0,10 (0,01 – 0,23); n=31	0,196
	Raucher	0,05 ; -[1] (0,02 – 0,28); n=19	0,05; -[1] (0,02 – 0,25); n=19	0,410
Hg in Urin [µg/g Kreatinin]	Nichtraucher	0,09 ; 0,79 (0,01 – 0,91); n=32	0,10; 0,33 (0,01 – 0,34); n=31	0,378
	Raucher	0,07 ; -[1] (0,03 – 0,25); n=19	0,08; -[1] (0,02 – 0,24); n=19	0,520
Hg in Urin [µg/Tag]	Nichtraucher	0,11 ; 0,76 (0,02 – 1,14); n=32	0,09; 0,41 (0,02 – 0,50); n=31	0,075
	Raucher	0,09 ; -[1] (0,03 – 0,43); n=19	0,08; -[1] (0,03 – 0,29); n=18	0,248

[1] In dieser Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

Obwohl ein Unterschied zwischen der Untersuchungsgruppe (Nichtraucher) und der Kontrollgruppe weder in der Benzol-Luftbelastung und der Ausscheidung der S-Phenyl-merkaptursäure noch in der Ausscheidung des Quecksilber festgestellt wurde, wurde in einem explorativen Ansatz ein möglicher Unterschied in der Belastung in Abhängigkeit vom Abstand der Wohnung zur nächstliegenden Gasförderanlage untersucht. Dazu wurden die Teilnehmer in drei Gruppen, mit Wohnung im Abstand kleiner 500 m, mit Wohnung im Abstand zwischen 500 m und 1 km und mit Wohnung im Abstand von mehr als 1 km zur nächsten Gasförderanlage betrachtet (Tabellen 15 - 17). Dabei waren die Unterschiede zwischen den ermittelten deskriptiven Daten sehr gering und es konnten - bei allerdings eher kleinen Fallzahlen in den Untergruppen - keine signifikanten Unterschiede weder für die Luftbelastung in der Außenluft, Innenraumluft bzw. personen-gebunden, noch für die SPMA- und Quecksilber-Ausscheidung im Urin festgestellt werden.

Tabelle 15: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter Benzol in der Luft in der Herbstuntersuchung in Abhängigkeit der Entfernung des Wohnortes von der nächsten Erdölförderanlage innerhalb der Untersuchungsgruppe Nichtraucher

Parameter	**Abstand der Wohnung zu Gasförderanlagen**			**p-Wert[1,MT]**	**p-Wert[2,MT]**
	<0,5 km	**0,5 – 1 km**	**>1 km**		
Häufigkeiten	38,8%	38,8%	22,4%		
Benzol in Luft [µg/m³] personengeb.	1,0 ; -[3] (0,49 – 5,88) n=17	1,04 ; 14,36 (0,51 – 14,98) n=20	1,32 ; -[3] (0,60 – 3,90) n=12	0,707	0,774
Benzol in Luft Innenraumluft [µg/m³]	0,66 ; 3,38 (0,51 – 3,43) n=11	1,06 ; -[3] (0,54 – 17,01) n=14	1,44 ; -[3] (0,22 – 6,53) n=8	0,373	0,365
Benzol in Luft Außenluft [µg/m³]	0,50 ; -[3] (0,34 – 1,69) n=9	0,45 ; -[3] (0,35 – 0,64) n=17	0,55 ; -[3] (0,36 – 0,81) n=10	0,396	0,155

[1] Vergleich Gruppe mit Entfernung <0,5km vs. Gruppe mit Entfernung 0,5-1km
[2] Vergleich Gruppe mit Entfernung 0,5-1km vs. Gruppe mit Entfernung >1km
[3] In dieser Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

Tabelle 16: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter S-Phenylmerkaptursäure (SPMA) in Urin differenziert nach dem Abstand zu der nächstliegenden Gasförderanlage innerhalb der Nichtraucher der Untersuchungsgruppe

Parameter	**Abstand der Wohnung zu Gasförderanlagen**			**p-Wert[1,MT]**	**p-Wert[2,MT]**
	<0,5 km	**0,5 – 1 km**	**>1 km**		
SPMA in Urin [µg/L]	0,09 ; 0,72 (0,05 – 0,78) n=21	0,06 ; 0,33 (0,05 – 0,33) n=23	0,10 ; -[3] (0,05 – 0,30) n=13	0,056	0,190
SPMA in Urin [µg/g Kreatinin]	0,12 ; 1,12 (0,05 – 1,17) n=21	0,10 ; 0,85 (0,07 – 1,00) n=23	0,14 ; -[3] (0,06 – 0,56) n=13	0,184	0,107
SPMA in Urin [µg/Tag]	0,14 ; 1,6 (0,07 – 1,72) n=21	0,14 ; 0,77 (0,07 – 0,96) n=23	0,20 ; -[3] (0,05 – 0,55) n=13	0,426	0,116

[1] Vergleich Gruppe mit Entfernung <0,5km vs. Gruppe mit Entfernung 0,5-1km
[2] Vergleich Gruppe mit Entfernung 0,5-1km vs. Gruppe mit Entfernung >1km
[3] In dieser Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

Tabelle 17: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Vergleich zwischen den Entfernungen für den Parameter Quecksilber (Hg) in Urin in der Herbstuntersuchung in Abhängigkeit der Entfernung des Wohnortes von der nächsten Erdölförderanlage bei Nicht-Amalgamträgern innerhalb der Nichtraucher der Untersuchungsgruppe

Parameter	Abstand der Wohnung zu Gasförderanlagen			p-Wert[1,MT]	p-Wert[2,MT]
	< 0,5 km	0,5 - 1 km	>1 km		
Hg in Urin [µg/L]	0,09 ; -[3] (0,01 – 0,17) n=10	0,05 ; -[3] (0,02 – 0,25) n=15	0,05 ; -[3] (0,02 – 0,23) n=19	0,549	0,842
Hg in Urin [µg/g Kreatinin]	0,11 ; -[3] (0,01 – 0,30) n=10	0,08 ; -[3] (0,02 – 0,23) n=15	0,08 ; -[3] (0,03 – 0,34) n=19	1,000	0,661
Hg in Urin [µg/Tag]	0,11 ; -[3] (0,02 – 0,36) n=10	0,09 ; -[3] (0,03 – 0,19) n=15	0,08 ; -[3] (0,02 – 0,50) n=18	0,842	0,905

[1] Vergleich Gruppe mit Entfernung <0,5km vs. Gruppe mit Entfernung 0,5-1km
[2] Vergleich Gruppe mit Entfernung 0,5-1km vs. Gruppe mit Entfernung >1km
[3] In dieser Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

Auch der mögliche Einfluss einer verkehrsnahen Lage der Wohnung wurde für den Parameter SPMA im Urin geprüft. Auch hier wurde kein signifikanter Unterschied zwischen der SPMA-Belastung von Personen, die in verkehrsnaher Lage wohnten, im Vergleich zu der von Personen, die in verkehrsruhiger Lage wohnten, festgestellt (Tabelle 18).

Tabelle 18: Deskriptive Daten (Median; 95.-Perzentil (Min-Max)) und Gruppenvergleich für den Parameter S-Phenylmerkaptursäure in Urin in der Herbstuntersuchung in Abhängigkeit der verkehrsnahen bzw. verkehrsfernen Lage der Wohnung der Nichtraucher der Untersuchungsgruppe

Parameter	Verkehrsnahe Lage	Verkehrsferne Lage	p-Wert[MT]
SPMA in Urin [µg/L]	0,12; -[1] (0,05 – 0,32)	0,08; 0,29 (0,05 – 0,78)	0,593
SPMA in Urin [µg/g Kreatinin]	0,14; -[1] (0,06 – 0,56)	0,11; 0,72 (0,05 – 1,17)	0,237
SPMA in Urin [µg/Tag]	0,16; -[1] (0,05 – 0,55)	0,14; 0,66 (0,07 – 1,72)	0,217

[1] In der Untergruppe wurde die Mindestanzahl zur Berechnung des 95.-Perzentils unterschritten

In der Untersuchungsgruppe berichteten insgesamt 6 Teilnehmer von Fackelarbeiten während einer Urinabgabe (4 Teilnehmer am 14.06.2018 und je 1 Teilnehmer am 16.06.2018 und am 25.06.2018). Die S-Phenylmerkaptursäure-Konzentrationen in den Urinproben dieser Tage lagen dabei jeweils innerhalb des Bereiches der SPMA-Konzentrationen in anderen Urinproben des jeweiligen Teilnehmers.

Stärken und Limitationen der Studie

Die Studie weist sowohl Limitationen als auch besondere Stärken auf, die in diesem Kapitel verdeutlicht und erläutert werden.

Eine grundsätzliche Limitation ist die begrenzte Zahl an Teilnehmern, die in dieser Studie einbezogen werden konnten. Die Begrenzung der Teilnehmerzahl war nicht nur mit Blick auf den Kostenrahmen, sondern insbesondere auch aufgrund der organisatorischen und technischen Kapazitäten (Hausbesuche (z. T. über große Distanzen) zur Aufklärung und Instruktion der Teilnehmer, Luftprobensammlerausgabe, –installation und –nachlieferung, Probeneinsammlung, parallele Beprobung von Untersuchungs- und Kontrollgruppen im Herbst und Probenlagerkapazitiät) notwendig. Um dennoch die Studienfragen zuverlässig beantworten zu können, wurde eine Fallzahlabschätzung, basierend auf bisher vorliegenden Daten zur Hintergrundbelastung mit dem Benzol-Parameter S-Phenylmerkaptursäure in Urin, durchgeführt. Bei der Rekrutierung der Teilnehmer wurde darauf geachtet, diese Mindest-teilnehmerzahl hinreichend zu überschreiten, um bei nichtplanmäßigen Ausfällen, Drop-Out-Prozessen und Ausschlussverfahren die benötigte statistische Power zu gewährleisten. Von den ursprünglich ausgewählten Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe lehnten 7 Personen eine Teilnahme im Sommer-Zeitraum kurzfristig ab bzw. konnten aus diversen Gründen nicht teilnehmen. Je ein Nichtraucher und ein Raucher der Untersuchungsgruppe nahmen zwar im Sommer, aber nicht im Herbst an der Studie teil. Die Mindestteilnehmerzahlen wurden damit dennoch eingehalten. Eine weitere Limitation besteht darin, dass die Luftmessungen über 2 Wochen durchgeführt wurden, aber das Human-Biomonitoring nur die Belastungen an 4 Tagen innerhalb dieser 2 Wochen abbildet. Während das Human-Biomonitoring sowohl aufgrund der organisatorischen Kapazitäten, als auch zur Minimierung der Beanspruchung der Teilnehmer auf 4 Tage begrenzt wurde, war die Beprobung der Luftprobensammler mit Blick auf die erforderliche Nachweisempfindlichkeit auf 2 Wochen ausgedehnt worden. Gleichwohl spiegeln sich bestimmte Effekte, wie z. B. durch die Jahreszeit, sowohl bei den Luftmessergebnissen und auch bei den HBM-Ergebnissen gleichartig wieder.

Besondere Stärken der Studie liegen sowohl im Studiendesign, als auch in den verwendeten Methoden und Messparametern. Eine besondere Stärke wird der Studie durch die

Sammlung des 24-Stunden-Urins verliehen. Bei Spontanurinproben, selbst wenn diese zu einem festgelegten Tageszeitpunkt (z. B. Morgenurin) gewonnen würden, besteht aufgrund akut schwankender Belastungen und Verdünnungen des Urins ein hohes Risiko, dass die darin vorliegenden Konzentrationen der Belastungsparameter nicht repräsentativ die tatsächliche tägliche Belastung der Person wiederspiegeln. Dagegen nivellieren sich die über den Tagesverlauf auftretenden Eliminations- und Verdünnungsschwankungen in der vollständigen Sammlung des Urins über 24 Stunden. Darüber hinaus kann aus der Konzentration im Sammelurin und dem Volumen des gesammelten Urins die Tagesgesamtausscheidung und letztendlich Tagesgesamtbelastung der Person ermittelt werden. Intraindividuelle Tag-zu-Tag-Schwankungen wurden durch die Sammlung an vier unterschiedlichen Tagen innerhalb der 2 Wochen gemittelt. Schließlich konnte mit der Kreatinin-Bestimmung in den 24h-Urinproben und der daraus berechneten Kreatinin-Tagesausscheidung ein Qualitätssicherungskonzept aufgestellt werden, und signifikant unvollständige Urinsammlungen identifiziert werden. Ebenfalls sollte hervorgehoben werden, dass sich die verwendeten Belastungsparameter durch eine besonders hohe Spezifität für die betrachteten Noxen auszeichnen. Insbesondere bei der S-Phenylmerkaptursäure handelt es sich um den spezifischen Metaboliten des Benzols, der nicht aus anderen Fremdstoffen gebildet werden kann, und damit falsch positive Belastungsschätzungen vermeidet. Ebenfalls erfolgte die Auswahl des Parameters Quecksilber im Urin problembezogen, da dieser Parameter deutlich geringer durch die alimentäre Quecksilber-Belastung beeinträchtigt wird, als beispielsweise der Quecksilber-Gehalt im Blut. Durch die Messung des Cotinins im Urin konnten sowohl Falschklassifikationen bei den Angaben zum Rauchverhalten, als auch außergewöhnliche Passivrauchbelastungen, die z. B. in gemeinschaftlich mit Rauchern genutzten Wohn- und Aufenthaltsräumen begründet sind, identifiziert und für eine Bereinigung der Daten genutzt werden.

Nicht zuletzt sollte auch nochmals das Studiendesign der vergleichenden Querschnittsstichproben hervorgehoben werden. Durch die parallelen Messungen in der Untersuchungsgruppe und einer gleichartigen, regionalen Kontrollgruppe waren vergleichenden Analysen unter Kontrolle wichtiger Einflussgrößen möglich. Eine derartige statistische Schärfe und Validität wäre durch den singulären Vergleich mit externen Referenzwerten nicht möglich gewesen. Die große Bedeutung dieses parallelen Untersuchungsansatzes wird nicht zuletzt durch die gefundenen saisonalen Unterschiede bei den Belastungsparametern nochmals deutlich.

Zusammenfassung

Im Rahmen der HBM-Studie konnte weder bei der Benzol-Luftbelastung noch bei den HBM-Parametern für die Benzol- und Quecksilber-Belastungen ein Unterschied zwischen den nichtrauchenden Anwohnern von Erdgas-Förderanlagen (südlicher Landkreis Rotenburg (Wümme), vornehmlich Samtgemeinde Bothel) und nichtrauchenden Personen, die nicht in der Nähe von Kohlenwasserstoff-Förderanlagen angesiedelt sind (nördlicher Landkreis Rotenburg (Wümme)), festgestellt werden. Auch konnten an Tagen mit Fackelarbeiten keine erhöhten Belastungen identifiziert werden. Dagegen wurden z. T. deutliche Unterschiede zwischen den Rauchern und Nichtrauchern der Untersuchungsgruppe hinsichtlich der Benzol-Luftbelastung (personengebunden und Innenraum) sowie der S-Phenylmerkaptursäure in Urin festgestellt. Diese Unterschiede waren zum einen durch die Side-Stream-Emissionen (Emissionen des Tabakrauchbrandes in den Umgebungsluft) und zum anderen durch die Main-Stream-Immissionen (eingesogener Tabakrauch) der Raucher zu erwarten und sind somit plausibel. Gestützt wird die Interpretation der erhöhten Werte bei den Rauchern durch die deutlich erhöhten und für Raucher zu erwartenden Nikotin-Belastungen (Cotinin in Urin). Zudem wurde in beiden Untergruppen der Untersuchungsgruppe eine signifikant höhere Benzol-Außenluftbelastung in den im Herbst gesammelten Proben im Vergleich zu den Proben im Sommer festgestellt. Der Unterschied der Median-Werte betrug 0,32 bzw. 0,34 µg/m^3. Dieses Ergebnis ist plausibel, da im Herbst mit einer Häufung von Inversionswetterlagen gerechnet wurde. Dieser jahreszeitliche, witterungsbedingte Effekt konnte auch für beide Untergruppen der Untersuchungsgruppe (Raucher und Nichtraucher) beim HBM-Parameter des Benzols (S-Phenylmerkaptursäure in Urin) beobachtet werden. Diese kohärenten Effekte bestätigten die Eignung und Leistungsfähigkeit des HBM-Parameters sowie des Studiendesigns, auch geringfügige erhöhte Benzol-Belastungen durch die S-Phenylmerkaptursäure-Ausscheidung nachweisen zu können. Für den Parameter Quecksilber in Urin konnte anhand der signifikanten Unterschiede zwischen Amalgam-füllungsträgern und Personen ohne Amalgamfüllungen ebenfalls die Validität des diesbezüglichen Belastungsparameters bestätigt werden.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass es im Rahmen der HBM-Studie gelungen ist, eine ausreichend hohe Anzahl von Teilnehmern in allen drei Studiengruppen (Kontrollgruppe, Nichtraucher in der Untersuchungsgruppe, Raucher in der Untersuchungsgruppe) zu rekrutieren, die sich hinsichtlich der wichtigsten möglichen Einflussfaktoren nicht unterschieden. Dabei führte die gute Mitarbeit der Teilnehmer zu sehr guten Response-Raten. Diese Randbedingungen haben wesentlich die Auswertung und insbesondere die vergleichenden Analysen erleichtert sowie die Interpretierbarkeit der Untersuchungs-ergebnisse gewährleistet.

Danksagung und Offenlegung

Die Autoren danken Herrn Dr. Klaus-Michael Wollin für seine Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Studie, Frau Manuela Jabs für jegliche Unterstützung bei der Organisation und Durchführung der Studie, den beteiligten Mitarbeitern des Niedersächsischen Landesgesundheitsamtes (NLGA) und der Zentralen Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Hildesheim für die Durchführung der Luftmessungen, den Mitarbeitern in den Laboratorien des Erlanger Instituts für die technische Unterstützung, dem Landkreis Rotenburg (Wümme) und insbesondere dem Gesundheitsamt des Landkreises für die Bereitstellung von Räumlichkeiten für Lagerung und Probenaufarbeitung, den regionalen Bürgerinitiativen für wertvolle Anregungen und Diskussion bei der Planung der Studie, dem Niedersächsischen Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung für die Finanzierung der Studie und nicht zuletzt allen Bürgerinnen und Bürgern des Landkreises Rotenburg (Wümme), die sich an der Studie beteiligt haben.

Die im Rahmen der Studie durchgeführten Analysen und gewonnenen Ergebnisse sind Bestandteil der Dissertationen von Frau Kerstin Zethner und Frau Kristina Zethner zum Erlangen des akademischen Titels Dr. med..

Anlagen

Literatur (Anlage I)

BIB – Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: Durchschnittsalter der Bevölkerung in Deutschland, 1871 bis 2016. BIB (2018) https://www.bib.bund.de/DE/Fakten/Fakt/pdf/B19-Durchschnittsalter-Bevoelkerung-ab-1871.pdf;jsessionid=C53BEF6A98546F380B1FEBCADD73E340.2_cid389?__blob=publicationFile&v=6 (letzter Zugriff: 02.10.2019)

É. Caron-Beaudoin, N. Valter, J. Chevrier, P. Ayotte, K. Frohlich, M.A. Verner: Gestational exposure to volatile organic compounds (VOCs) in Northeastern British Columbia, Canada: A pilot study. Environment International 110 (2018), 131-138; https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.022

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): MAK- und BAT-Werte-Liste 2019. Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 55, Wiley-VCH, Weinheim 2019; https://doi.org/10.1002/9783527826155

DIN EN 14662-5 (Ausgabe 2005-08): Luftbeschaffenheit - Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 5: Diffusionsprobenahme mit anschließender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie. Beuth Verlag, Berlin 2005

DSHS: Texas Exposure Investigation in Dish (Denton County, Texas) – Final Report. Texas Department of State Health Services (DSHS), Austin, 2010

S. Fustinoni, L. Campo, R. Mercadante, D. Consonni, D. Mielzynska, P.A. Bertazzi: A quantitative approach to evaluate urinary benzene and S-phenylmercapturic acid as biomarkers of low benzene exposure. Biomarkers 16 (2011), 334-345; https://doi.org/10.3109/1354750X.2011.561499

V. Haufroid, D. Lison: Urinary cotinine as a tobacco-smoke exposure index: a minireview. International Archives of Occupational and Environmental Health 71 (1998), 162-168

P. Heitland, T. Göen, A. Hartwig, MAK Commission: Quecksilber und Quecksilberverbindungen – Bestimmung von Quecksilber in Blut und Urin mittels Kaltdampf-AAS. The MAK-Collection for Occupational Health and Safety 4 (2019), 1025-1044; https://doi.org/10.1002/3527600418.bi743997d0022

M. Kutschmann, R. Bender, U. Grouven, G. Berg: Aspekte der Fallzahlkalkulation und Powerberechnung anhand von Beispielen aus der rehabilitationswissenschaftlichen Forschung. Rehabilitation 45 (2006), 377-384; https://doi.org/10.1055/s−2006−940113

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV): Messung von Benzol in der Außenluft mit Passivsammlern in NRW. Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren der Europäischen Richtlinie 2008/50/EG und der

39. BImSchV. LANUV-Fachbericht 53, Recklinghausen, 2014; Access via: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30053.pdf (letzter Zugriff am 29.07.2019)

H. Levine, T. Berman, R. Goldsmith, T. Göen, J. Sprungen, L. Novack, Y. Amitai, T. Shohat, I. Grotto: Exposure to tobacco smoke based on urinary cotinine levels among Israeli smoking and nonsmoking adults: a cross-sectional analysis of the first Israeli biomonitoring study. BMC Public Health 13 (2013), 1241; https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-1241

M. Müller: Passivrauch - Bestimmung von Cotinin in Harn. In: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Band 2: Analysen in biologischem Material (Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft). 15. Lieferung der Loseblattsammlung, Wiley-VCH, Weinheim 2003; https://doi.org/10.1002/3527600418.bi48656d0015

T. Schettgen, A. Musiol, A. Alt, T. Kraus: Fast determination of urinary S-phenylmercapturic acid (S-PMA) and S-benzylmercapturic acid (S-BMA) by column-switching liquid chromatography-tandem mass spectrometry. J. Chrom. B 863 (2008) 283-292; https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2008.01.024

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim: Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen. Tabellarische Zusammenstellung der Messergebnisse 2018. ZUS LLGS, Hildesheim, 2019

Umweltbundesamt – Kommission „Humanbiomonitoring“: Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Humanbiomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundheitsblatt 42 (1999), 522-532; https://doi.org/10.1007/s001030050148

Umweltbundesamt: Gesundheitliche Bewertung krebserzeugender Verunreinigungen der Innenraumluft – erste Ergänzung zum Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 58 (2015), 769–773; https://doi.org/10.1007/s00103-015-2175-9

Umweltbundesamt: Referenzwerte für Antimon, Arsen und Metalle (Pb, Cd, Ni, Hg, Pt, Tl, U) im Urin oder im Blut. Letzte Aktualisierung: 05/2018, UBA, Berlin 2018, Access via: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/tabelle-ref-werte_-_metalle_mai_2018_aktualisiert.pdf (letzter Zugriff am 25.07.2019)

M. Zobel, K. Klotz, T. Göen: LC-MS/MS procedure for the simultaneous determination of N-acetyl-S-(1-naphthyl)cysteine and N-acetyl-S-(2-naphthyl)cysteine in human urine. J. Chrom. B 1074-1075 (2018), 139-145; https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.12.023

Fallzahlberechnungen (Anlage II)

Die Fahlzahlkalkulation wurde für den Parameter S-Phenylmerkaptursäure in Urin (HBM-Parameter für Benzol-Belastungen) auf Basis des Ansatzes der „relevanten Differenz“ (Kutschmann et al. 2006) vorgenommen. Ausgangspunkt der Betrachtung ist ein Schätzwert für die mittlere SPMA-Ausscheidung im Urin von Personen der Allgemeinbevölkerung ohne Tabakrauch-Konsum sowie die Streuung der Belastung innerhalb dieser Gruppe. Als Orientierung für diesen Schätzwert wurden Daten zur SPMA-Ausscheidung von Personen der italienischen Allgemeinbevölkerung herangezogen (Fustinoni et al. 2011). Demnach kann eine mittlere SPMA-Ausscheidung für Nichtraucher in Höhe von 0,1 µg/g Kreatinin als Ausgangpunkt angenommen werden. Als Standardabweichung der Streuung der Werte wird ein Wert von ± 0,2 µg/g Kreatinin abgeschätzt. Für einen relevanten auf Gruppen-Basis messbaren Unterschied sollte die belastete (nichtrauchende) Bevölkerungsgruppe mindestens eine mittlere SPMA-Ausscheidung von 0,2 µg/g Kreatinin aufweisen. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen entspricht somit 0,1 µg/g Kreatinin. Die Fallzahlkalkulation erfolgte nunmehr nach folgender Formel:

$$n = \frac{\sigma_{mN}^2 + \sigma_{oN}^2}{(\mu_{mN} - \mu_{oN})^2} (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2$$

Dabei stellen $\mu_{mN} - \mu_{oN}$ die Differenz zwischen den Mittelwerten, σ_{mN} bzw. σ_{oN} die Standardabweichung der Verteilungen in den beiden Gruppen und $Z_{1-\alpha/2}$ bzw. $Z_{1-\beta}$ das (1 – α/2)- bzw. (1-β)-Quantil der Standardnormalverteilung dar, deren Werte unter Verwendung der Default-Werte (α = 0,05 und β = 0,20) 1,96 bzw. 0,84 betragen. Verwendet man die oben genannten Schätzwerte, wobei für beide Gruppen die gleiche Standardabweichung von ± 0,2 µg/g Kreatinin angenommen wird, ergibt sich eine notwendige Fallzahl von:

n = 63

Für den Vergleich zwischen Nichtrauchern und Rauchern wird die Differenz zwischen den Mittelwerten ($\mu_{mN} - \mu_{oN}$) mit 0,4 µg/g Kreatinin sowie die Standardabweichung für die Gruppe der Raucher mit ± 0,8 µg/g Kreatinin abgeschätzt. Für $Z_{1-\alpha/2}$ bzw. $Z_{1-\beta}$ werden die gleichen Default-Werte verwendet. Demzufolge berechnet sich die notwendige Fallzahl für die Gruppe der Raucher von:

n = 34

Analysenverfahren (Anlage III)

Die Bestimmung der S-Phenylmerkaptursäure (SPMA) in Urin erfolgt auf Basis eines publizierten Analysenverfahren (Schettgen et al. 2008; Zobel et al. 2018) unter Verwendung der Kopplung von Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Tandem-Massenspektrometrie, welches bereits vom Anbieter in mehreren Untersuchungen und Studien erfolgreich eingesetzt wurde.

Dazu werden 2 ml Urin durch Zugabe von Eisessig stark angesäuert und anschließend durch Zentrifugation von Trübstoffen und sonstigen Feststoffen befreit. Im Folgenden erfolgen die Zugabe des Internen Standards (d_5-SPMA) und danach die HPLC-MS/MS-Analyse. Dabei erfolgt zunächst eine online-Anreicherung auf einer C18-RAM-Phase. Danach erfolgt die analytische Bestimmung durch Trennung auf einer Synergi MAX RP-Säule (4 µm Partikel, 150 mm x 3 mm) sowie die Quantifizierung im API 2000 Triple Quadrupol-Detektor nach Elektonspray-Ionisation im negativen MRM-Modus.

Das Verfahren wurde für den Parameter umfassend validiert. Die Angaben zu den diesbezüglichen Bestimmungsgrenzen sowie Daten zur Präzision und Richtigkeit sind wie folgt:

Parameter	Bestimmungs-grenze [µg/L]	Präzision in der Serie [%]	Präzision von Tag zu Tag [%]	Richtigkeit [%]
S-Phenylmerkaptur-säure in Urin	0,1	2,2 – 3,8	2,5 – 3,8	98 - 101

Für die Bestimmung von Quecksilber in Urin der Studienteilnehmer wurde ein von der Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ geprüftes Analysenverfahren eingesetzt, das auch bereits in anderen Bevölkerungsstudien, wie z. B. für das Real-Time-Monitoring des Humanteils der Umweltprobenbank des Bundes oder dem aktuellen Kinder-Umwelt-Survey des Umweltbundesamtes (GerES V), erfolgreich eingesetzt wurde und wird. Dabei handelt es sich um eine Kaltdampf-Atomabsorptionsspektroskopie-Methode (cold vapour-atomic absorption spectroscopy, CV-AAS) auf Basis der FIMS-Technik, die eine sehr sensitive und spezifische Bestimmung des Parameters ermöglicht. Die Auswertung erfolgte mit einer externen Kalibration. Die Bestimmungsgrenze wurde für dieses Verfahren gemäß ISO 8466-1 mit Hilfe einer Zehnpunktkalibrierung (Dreifachbestimmung) ermittelt. Dabei wurden eine Nachweisgrenze von 0,007 µg/L und eine Bestimmungsgrenze von 0,02 µg/l ermittelt. Zur Bestimmung der Präzision wurde je eine wässrige Quecksilberlösung mit einem

Gehalt von 0,1 µg/l sowie von 1,0 µg/l angefertigt und je zwölfmal vermessen. Daraus wurden Variationskoeffizienten von 5,43 % (0,1 µg/l) und 1,40 % (1,0 µg/l) ermittelt. Aus Untersuchungen des laborinternen Qualitätskontrollmaterials in humanem Poolurin ergaben sich für die Präzision von Tag zu Tag Variationskoeffizienten von 9,1 % (0,55 µg/L) und 8,5 % (1,09 µg/L). Die Richtigkeit wurde bestimmt, indem wässrige Quecksilberlösungen mit einem Gehalt von 0,1 µg/l bzw. 1,0 µg/l je zwölfmal vermessen wurden. Die mittlere Wiederfindungsrate betrug 95 % (0,1 µg/l) bzw. 104 % (1,0 µg/l). Darüber hinaus wurde die Richtigkeit des Verfahrens im Rahmen der GEQUAS-Ringversuchsteilnahme kontrolliert. Ferner nahm das Labor für diesen Parameter regelmäßig erfolgreich am G-EQUAS-Ringversuchsprogramm teil. Im G-EQUAS-Ringversuch Nr. 52 (2013) ergaben sich dabei beispielhaft Sollwertübereinstimmungen von 117,4 % (0,46 µg/L) und 107,7 % (1,04 µg/L).

Für die Bestimmung von Cotinin in Urin der Studienteilnehmer wurde ebenfalls ein von der Arbeitsgruppe „Analysen in biologischem Material“ geprüftes Analysenverfahren eingesetzt, das auch bereits in anderen Bevölkerungsstudien erfolgreich eingesetzt wurde und wird. Dazu wird das Cotinin nach Zugabe des Internen Standards (deuteriertes Cotinin) durch Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Dichlormethan aus der Matrix extrahiert und anschließend nach kapillargaschromatographischer Trennung und Elektronenstoß-Ionisation im Massen-spektrometer im Single-Ion-Monitoring-Modus detektiert. Die Kalibrierung erfolgt durch Standardlösungen in Nichtraucher-Pool-Urin, die wie die Proben aufgearbeitet und analysiert werden. Die Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze des Verfahrens wurde anhand des Signal-Rausch-Verhältnisses mit 0,5 µg/L bzw. 1,0 µg/L bestimmt. Auch für diesen Parameter hat sich das Labor in den letzten 10 Jahren regelmäßig an dem im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin organisierten GEQUAS-Ringversuchsprogramm erfolgreich beteiligt.

Auswertung der Fragebogen-Items (Anlage IV)

Tabelle A1: Anzahl und Verteilung der untersuchten Haushalte für die verschiedenen Studiengruppen

Parameter	Kontroll-gruppe	Untersuchungs-gruppe Nichtraucher	Untersuchungs-gruppe Raucher
Anzahl der Haushalte	55	41	25
Haushalte mit einem Teilnehmer	33	19	11
Haushalte mit zwei Teilnehmer	22	18	12
Haushalte mit drei und mehr Teilnehmern	0	4	2

Tabelle A2: Deskriptive Daten (Median; (Min-Max)) für den Parameter Entfernung der nächstgelegenen Gasförderanlage vom Wohnort.

Parameter	Untersuchungs-gruppe Nichtraucher	Untersuchungs-gruppe Raucher
Anzahl	66	29
Entfernung zwischen Wohnung und Gasförderanlage [km]	0,7 (0,3 – 10,9)	2,0 (0,4 – 7,0)

Tabelle A3: Charakterisierung und Vergleich der untersuchten Gruppen durch metrische Parameter (Median (Min-Max))

Parameter	Kontroll-gruppe	Unter-suchungs-gruppe Nichtraucher	Unter-suchungs-gruppe Raucher	p-Wert[1,TT]	p-Wert[2,TT]
Anzahl	78	66	37	-	-
Body-Mass-Index [kg/m^2]	26 (19 – 44) n=77	27 (19 – 37) n=58	25 (22 – 41) n=35	0,290	0,794
Alter [Jahre]	54 (18 - 69) n=78	51 (24 - 78) n=63	46,5 (19 – 66) n=32	0,901	0,061
Anteil der Arbeit im Innenbereich [%]	95 (10 - 100) n=59	80 (5 – 100) n=52	97 (15 – 100) n=35	0,218	0,522
Anteil der Arbeit im Außenbereich [%]	5 (0 – 90) n=59	20 (0 – 95) n=52	7,5 (0 – 100) n=35	0,153	0,536
Entfernung des Wohnortes vom Arbeitsplatz [km]	10 (0-140) n=57	17 (0-150) n=49	13 (0-130) n=33	**0,027**	0,175
Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllung	3 (0-12) n=34	0,0 (0-16) n=57	0,5 (0-7) n=30	**0,037**	0,280
Anzahl der im Haushalt lebenden Personen	2 (1-6) n=78	3 (1-6) n=63	3 (0-5) n=35	0,482	0,288
Länge des aktuellen Wohnsitzes [Jahre]	18 (0-52) n=77	18 (1-60) n=66	8 (1-61) n=36	0,365	0,044
Entfernung zwischen Wohnung und Erdgas-Förderanlage [km]	22,5 (12-40) n=4	0,7 (0,3-5) n=58	2 (0,4-7) n=29	**0,029**	**<0,01**
Anzahl der Zigaretten pro Tag	0	0	15 (1-30) n=35	-	**<0,01**

Anzahl der Zigarren pro Tag	0	0	2 (0-20) n=4	-	0,448
Anzahl der Pfeifen pro Tag	0	0	0	-	-
Anzahl der E-Zigaretten pro Tag	0	0	0	-	-
Häufigkeit des Konsums von Kautabak	0	0	0	-	-
Anzahl der weiteren Raucher im Haushalt	0	0	1 (0-5) n=22	-	0,051
Anzahl der Zigaretten pro Tag in der Wohnung	0	0	0 (0-30) n=13	-	0,054
Anzahl der Zigarren pro Tag in der Wohnung	0	0	0	-	-
Anzahl der Pfeifen pro Tag in der Wohnung	0	0	0	-	-
Anzahl der E-Zigaretten pro Tag in der Wohnung	0	0	0	-	-

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

Tabelle A4: Charakterisierung und Vergleich der untersuchten Gruppen (kategoriale Parameter)

Parameter	Kategorie	Kontroll-gruppe	Unter-suchungs-gruppe Nichtraucher	Unter-suchungs-gruppe Raucher	p-Wert[1,χ²T]	p-Wert[2,χ²T]
Geschlecht	Männlich Weiblich	59,5% 40,5 %	57,6% 42,4 %	51,4% 48,6%	0,815	0,542
Zähne mit Amalgam-füllung	ja nein k.A.	53,9% 46,1% 0%	50,8% 49,2% 0%	45,9% 51,4% 2,7%	0,706	0,733
Verkehrsnahe Lage der Wohnung	ja nein k.A.	17,7% 82,3% 0%	24,2% 75,8% 0%	32,4% 64,9% 2,7%	0,334	0,326
Erwerbs-tätigkeit	Vollzeit Teilzeit stundenweise nicht erwerbs-tätig k.A.	50,0% 23,1% 6,4% 20,5% 0%	53,0% 15,2% 6,1% 25,8% 0%	67,6% 24,3% 2,7% 5,4% 0%	-	-
Geburtsland	Deutschland Anderes Herkunftsland k.A.	98,7% 1,3% 0%	100% 0% 0%	100% 0% 0%	0,356	-
Kontakt mit aromatischen Kohlenwasser-stoffen auf der Arbeit	täglich wöchentlich monatlich nein weiß nicht k.A.	2,5% 8,9% 2,5% 60,8% 3,8% 21,5%	1,6% 4,7% 1,6% 75,0% 4,7% 12,5%	8,1% 2,7% 2,7% 75,7% 5,4% 5,4%	0,553	0,358
Kontakt mit Quecksilber auf der Arbeit	täglich wöchentlich monatlich nein weiß nicht k.A.	0% 0% 1,3% 72,2% 5,1% 21,5%	1,5% 0% 0% 83,3% 0% 15,2%	0% 0% 0% 86,5% 8,1% 5,4%	0,150	**0,049**
Hobby mit Motorsport	ja nein	2,5% 97,5%	1,5% 98,5%	13,5% 86,5%	0,668	**0,013**

Arbeiten an kraftstoff-betriebenen Fahrzeugen in der Freizeit	ja nein k.A.	3,8% 96,2% 0%	6,1% 93,9% 0%	8,1% 91,9% 0%	0,527	0,692
Einnahme von freiverkäuf-lichen Medikamenten in der letzten Woche	ja nein k.A.	48,1% 46,8% 5,1%	47,0% 43,9% 9,1%	40,5% 56,8% 2,7%	0,631	0,294
Heizungsanlage zu Hause	Etagenheizung Zentralheizung Fernwärme Ölheizung Holzheizung – zentral Sonstiges k.A.	0% 48,1% 2,5% 21,5% 5,1% 16,5% 6,3%	0% 47,0% 0% 15,2% 18,2% 15,2% 4,5%	0% 43,2% 0% 21,6% 10,8% 13,5% 10,8%	0,140	0,578
Holz/Kohle-Ofen zu Hause	ja nein k.A.	51,9% 48,1% 0%	65,2% 34,8% 0%	64,9% 32,4% 2,7%	0,107	0,402
Renovierungs-arbeiten zu Hause in den letzten 6 Mon.	ja nein k.A.	31,6% 67,1% 1,3%	24,2% 75,8% 0%	35,1% 62,2% 2,7%	0,384	0,183
Art der Renovierungs-arbeit	Innenanstrich Aufbereitung von Altböden Wohnraumer-weiterung/Anbau Verlegung neuer Teppichböden Abbeizen von Schränken Sonstiges	26,6% 1,3% 5,1% 8,9% 0% 12,7%	16,7% 4,5% 4,5% 4,5% 0% 7,6%	24,3% 2,7% 5,4% 5,4% 2,7% 13,5%	0,152 0,230 0,885 0,307 - 0,317	0,346 0,642 0,846 0,846 0,180 0,329
Nähe zu Anlagen der Erdgas-Förderung	ja nein k.A.	2,5% 97,5% 0%	100% 0% 0%	89,2% 8,1% 2,7%	**<0,01**	**0,017**

Art der Erdgas/-Erdölförderanlage in der Nähe des Wohnortes	Erdgasförderplatz	1,3%	95,5%	78,4%	**<0,01**	**0,007**
	Bohrschlammgrube	3,8%	39,4%	0%	**<0,01**	**0,033**
	weiß nicht	0%	10,6%	21,6%	0,107	0,681
Himmelsrichtung der Erdgas-Förderung	Norden	1,3%	22,7%	8,1%	-	**-**
	Osten	1,3%	9,1%	27%		
	Süden	2,5%	12,1%	8,1%		
	Westen	0%	10,6%	10,8%		
	NO	0%	1,5%	2,7%		
	SO	0%	10,6%	5,4%		
	NW	0%	15,2%	8,1%		
	SW	1,3%	12,1%	5,4%		
	k.A.	93,7%	6,1%	24,3%		
Raucher	ja	0%	0%	100%	-	**<0,01**
	nein	100,0%	100%	0%		
	k.A.	0%	0%	0%		
Konsum von Kautabak	ja	0%	0%	0%	0,147	0,924
	nein	91,1%	97,0%	97,3%		
	k.A.	8,9%	3,0%	2,7%		
Weitere Raucher im Haushalt	ja	0%	0%	56,8%	0,898	**<0,01**
	nein	98,7%	98,5%	43,2%		
	k.A.	1,3%	1,5%	0%		
Rauchen im Wohnraum	ja	0%	0%	21,6%	0,540	**<0,01**
	nein	94,9%	97,0%	78,4%		
	k.A.	5,1%	3,0%	0%		
Häufigkeit des Lüftens mit weit geöffneten Fenstern	1x täglich	64,6%	25,8%	29,7%	**<0,01**	0,359
	2x täglich	19,0%	22,7%	24,3%		
	mehr als 2x täglich	8,9%	35,4%	43,2%		
	Sonstiges	6,3%	9,1%	0%		
	k.A.	1,3%	6,1%	2,7%		
Schlafen bei geöffneten (gekippten) Fenstern	ja	48,1%	80,3%	78,4%	**<0,01**	0,810
	nein	48,1%	15,2%	18,9%		
	k.A.	3,8%	4,5%	2,7%		

Verwendung von Brenn-stoffen oder Energieträger zuhause	Erdgas	55,7%	57,6%	54,1%	0,092	0,865
	Propangas	0%	1,5%	0%		
	Heizöl	16,5%	18,2%	24,3%		
	Strom	5,1%	13,6%	16,2%		
	Kohle/Holz	21,5%	7,6%	5,4%		
	feste Biobrennstoffe	0%	1,5%	0%		
	Sonstiges	1,3%	0%	0%		
	weiß nicht	0%	0%	0%		
Lagern von Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl oder Petroleum	im Haus	0%	0%	0%	-	-
	im Keller	2,5%	3,0%	0%	0,855	0,285
	in der Garage (mit Verbindung zum Wohnraum)	6,3%	6,1%	5,4%	0,947	0,892
	in der Garage (ohne Verbindung zum Wohnraum)	30,4%	45,5%	40,5%	0,062	0,630
	im Carport	15,2%	16,7%	27,0%	0,808	0,211
	Sonstiges	32,9%	30,3%	18,9%	0,737	0,208
	nein	27,8%	0%	0%	**<0,01**	-
Lagern von Geräten mit Benzin- oder Dieselmotoren	im Haus	0%	0%	0%	-	-
	im Keller	2,5%	3,0%	0%	0,855	0,285
	in der Garage (mit Verbindung zum Wohnraum)	6,3%	6,1%	5,4%	0,947	0,892
	in der Garage (ohne Verbindung zum Wohnraum)	30,4%	45,5%	40,5%	0,062	0,630
	im Carport	15,2%	16,7%	27,0%	0,808	0,211
	Sonstiges	32,9%	30,35%	18,9%	0,737	0,208
	nein	21,5%	13,6%	16,2%	0,218	0,722
Lagern von Farben, Lacke, bei der Holzbearbeitung eingesetzte Lösungsmittel, Abbeizflüssig-keiten oder Klebstoffen - Raum im Haus	im Haus	221,5%	13,6%	24,3%	0,218	0,171
	im Keller	29,1%	13,6%	13,5%	**0,025**	0,986
	in der Garage (mit Verbindung zum Wohnraum)	6,3%	7,6%	0%	0,768	0,086
	in der Garage (ohne Verbindung zum Wohnraum)	25,3%	40,9%	35,1%	**0,046**	0,564
	im Carport	5,1%	6,1%	10,8%	0,793	0,387
	Sonstiges	20,3%	7,6%	13,5%	**0,031**	0,329
	nein	11,4%	21,2%	18,9%	0,107	0,782

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

Tabelle A5: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Gruppenvergleich für die Parameter Xylol, Ethylbenzol und Toluol in der Luft in der Herbstuntersuchung

Parameter	Kontroll-gruppe	Untersuchungs-gruppe Nichtraucher	Untersuchungs-gruppe Raucher	p-Wert[1,MT]	p-Wert[2,MT]
Xylol in Luft [µg/m³] personengeb.	3,97 (1,42 – 67,47) n=69	5,83 (0,72 – 766,96) n=58	4,97 (0,61 – 163,35) n=31	0,319	0,973
Xylol in Luft Innenraumluft [µg/m³]	3,02 (0,70 – 95,91) n=55	3,24 (0,66 – 154,64) n=39	2,82 (0,53 – 39,99) n=24	0,416	0,630
Xylol in Luft Außenluft [µg/m³]	1,72 (0,55 – 3,18) n=55	1,49 (1,29 – 16,14) n=39	1,72 (1,19 – 8,06) n=24	0,827	0,113
Ethylbenzol in Luft [µg/m³] personengeb.	1,16 (0,46 – 16,10) n=69	1,55 (0,47 – 200,56) n=54	1,64 (0,45 – 27,79) n=30	0,088	0,815
Ethylbenzol in Luft Innenraumluft [µg/m³]	0,94 (0,33 – 22,44) n=55	1,30 (0,54 – 32,02) n=31	1,29 (0,64 – 7,74) n=19	0,097	0,912
Ethylbenzol in Luft Außenluft [µg/m³]	0,39 (0,14 – 0,77) n=55	0,36 (0,30 – 3,70) n=39	0,39 (0,28 – 3,30) n=24	**0,039**	0,141
Toluol in Luft [µg/m³] personengeb.	5,09 (1,85 – 46,68) n=69	6,24 (1,39 – 159,61) n=59	9,36 (2,11 – 184,78) n=31	0,319	0,130
Toluol in Luft Innenraumluft [µg/m³]	4,04 (2,07 -8 7,75) n=55	4,5 (1,27 – 176,15) n=40	4,81 (1,14 – 52,06) n=24	0,416	0,814
Toluol in Luft Außenluft [µg/m³]	0,94 (0,61 – 3,39) n=55	0,89 (0,60 – 14,26) n=39	1,03 (0,50 – 11,93) n=24	0,827	0,543

[1] Vergleich Kontrollgruppe vs. Nichtraucher der Untersuchungsgruppe
[2] Vergleich Nichtraucher vs. Raucher der Untersuchungsgruppe

Tabelle A6: Deskriptive Daten (Median (Min-Max)) und Gruppenvergleich für die Parameter Xylol, Ethylbenzol und Toluol in der Luft

Parameter	Untergruppe	Sommer	Herbst	p-Wert^{WT}
Xylole in Luft; personengeb. [µg/m^3]	Nichtraucher	3,16 (1,54 – 1273,52) n=59	5,83 (0,72 – 766,96) n=58	**<0,01**
	Raucher	4,84 (1,50 – 71,96) n=31	4,97 (0,61 – 163,35) n=31	0,166
Xylole in Luft; Innenraumluft [µg/m^3]	Nichtraucher	1,99 (1,57 – 118,24) n=43	3,24 (0,66 – 154,64) n=39	**<0,01**
	Raucher	2,12 (1,59 – 98,64) n=25	2,82 (0,53 – 39,99) n=24	0,391
Xylole in Luft; Außenluft [µg/m^3]	Nichtraucher	1,57 (0,34 – 2,75) n=40	1,49 (1,29 – 16,14) n=39	**0,008**
	Raucher	1,76 (0,36 – 11,73) n=25	1,72 (1,19 – 8,06) n=24	0,391
Ethylbenzol in Luft; personengeb. [µg/m^3]	Nichtraucher	0,86 (0,50 – 278,13) n=59	1,55 (0,47 – 200,56) n=54	**<0,01**
	Raucher	1,20 (0,51 – 10,37) n=31	1,64 (0,45 – 27,79) n=30	0,055
Ethylbenzol in Luft; Innenraumluft [µg/m^3]	Nichtraucher	0,53 (0,48 – 21,26) n=43	1,30 (0,54 – 32,02) n=31	**<0,01**
	Raucher	0,62 (0,53 – 17,22) n=25	1,29 (0,64 – 7,74) n=19	0,030

Ethylbenzol in Luft; Außenluft [µg/m³]	Nichtraucher	0,30 (0,07 – 0,78) n=40	0,36 (0,30 – 3,70) n=39	**<0,01**
	Raucher	0,30 (0,12 – 1,71) n=24	0,39 (0,28 – 3,30) n=24	**<0,01**
Toluol in Luft; personengeb. [µg/m³]	Nichtraucher	4,5 (0,81 – 199,28) n=59	6,24 (1,39 – 159,61) n=59	**<0,01**
	Raucher	8,40 (1,06 – 159,28) n=31	9,36 (2,11 – 184,78) n=31	**0,007**
Toluol in Luft; Innenraumluft [µg/m³]	Nichtraucher	2,64 (0,99 – 180,52) n=43	4,5 (1,27 – 176,15) n=40	**<0,01**
	Raucher	3,18 (1,11 – 132,57) n=25	4,81 (1,14 – 52,06) n=24	**0,012**
Toluol in Luft; Außenluft [µg/m³]	Nichtraucher	0,47 (0,24 – 1,45) n=40	0,89 (0,60 – 14,26) n=39	**<0,01**
	Raucher	0,52 (0,28 – 11,30) n=24	1,03 (0,50 – 11,93) n=24	**<0,01**

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
MEDIZINISCHE FAKULTÄT

IPASUM
Institut und Poliklinik für
Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin

Begleitfragebogen zur Studie *Human-Biomonitoring (HBM) in der Allgemeinbevölkerung in der Nachbarschaft von Anlagen der Kohlenwasserstoff-Förderung in Niedersachsen*	
Teilenehmer-Code:	

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

wir bitten Sie die folgenden Fragen vollständig und wahrheitsgemäß zu beantworten. Bitte lesen Sie sich die Fragen sorgfältig durch und wenden Sie sich bei Unklarheiten vertrauensvoll an die Studiendurchführenden vor Ort oder über thomas.goeen@fau.de an die Studienleitung.

Bitte geben Sie das heutige Datum an:		
Angaben zu Ihrer Person		
Geschlecht:	☐ männlich	☐ weiblich
Geburtsjahr (4-stellig):		
Gewicht:	kg	
Größe:	Meter	
Wo wurden Sie geboren?	☐ Deutschland ☐ anderes Herkunftsland bitte angeben: _____	
Angaben zu Ihrem aktuellen Beruf		
Sind Sie zurzeit erwerbstätig?	☐ Vollzeit-erwerbstätig (mehr als 35 Stunden pro Woche) ☐ Teilzeit-erwerbstätig (bis 35 Stunden pro Woche) ☐ Stundenweise erwerbstätig (bis 15 Stunden pro Woche) ☐ Zurzeit nicht erwerbstätig (inkl.: Studenten, die nicht gegen Geld arbeiten, Arbeitslose, Null-Kurzarbeit, Vorruhestand, Rentner)	

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihren aktuellen Beruf. Falls Sie derzeit nicht berufstätig sind, machen Sie bitte bei den Fragen zu den Hobbys weiter.	
Falls erwerbstätig, wieweit ist Ihr Arbeitsplatz von Ihrem Wohnort entfernt?	___ (in km)
Welchen Beruf üben Sie zurzeit aus?	
Arbeiten Sie überwiegend im Innen- oder Außenbereich? (*Bitte geben Sie den jeweiligen Anteil in Prozent an.)*	___ % Anteil Innenbereich ___ % Anteil Außenbereich
Kommen Sie bei Ihrer aktuellen Arbeit mit aromatischen Kohlenwasserstoffen (Benzol, Xylolen, Toluol, Ethylbenzol) in Kontakt (z.B. bei der Kfz-Wartung, bei Lackierarbeiten, etc.)?	☐ Täglich ☐ Wöchentlich ☐ Monatlich ☐ Nein ☐ Weiß nicht
Kommen Sie bei Ihrer aktuellen Arbeit mit Quecksilber in Kontakt (z.B. bei der Produktion von Batterien und Leuchtmitteln; bei Tätigkeiten in Zahnarztpraxen, bei der Elektroschrott-Verarbeitung)?	☐ Täglich ☐ Wöchentlich ☐ Monatlich ☐ Nein ☐ Weiß nicht

Hobbys		
Üben Sie regelmäßig einen Motorsport aus (Sport mit Motorrad, Pkw, Motorboot etc.)?	☐ Ja	☐ Nein
Führen Sie privat regelmäßig Arbeiten an Motoren von Pkw, Motorrädern oder anderen kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen durch?	☐ Ja	☐ Nein
Gesundheitsfragen		
Haben Sie in den letzten 7 Tagen freiverkäufliche oder traditionelle Medikamente eingenommen bzw. verwendet? *(Bitte denken Sie auch an Nahrungsergänzungsmittel und Salben z. B. aus dem Ayurvedischen, Traditionelle Chinesische Medizin, etc.)*	☐ Ja	☐ Nein

Bitte geben Sie alle Präparate mit Namen und Dauer der Einnahme in Tagen an:	
Name des Präparats	Dauer der Einnahme in Tagen
1.	
2.	
3.	

Haben Sie Zähne mit einer Amalgamfüllung?	☐ Ja	☐ Nein
Falls ja, wie viele Zähne haben Sie mit einer Amalgamfüllung?	☐ Keine ☐ Weiß nicht ____ Anzahl der Zähne mit Füllung	
Angaben zu Ihrer aktuellen Wohnsituation		
Wie viele Personen leben derzeit regelmäßig in Ihrem Haushalt?		
Seit wann wohnen Sie in Ihrer aktuellen Wohnung/Ihrem Haus?	Seit ___ _____ Monat/Jahr	
Falls Sie kürzer als 12 Monate an der aktuellen Adresse wohnen: Haben Sie vorher ebenfalls im Landkreis Rotenburg gewohnt?	☐ Ja	☐ Nein
Falls ja, bitte schreiben Sie Ihre vorherige Adresse auf:		
Angaben zu Ihrem Haus bzw. Ihrer Wohnung		
Welche Heizungsanlage haben Sie zuhause?	☐ Etagenheizung ☐ Zentralheizung ☐ Fernwärme ☐ Ölheizung ☐ Holzheizung - zentral (Pellets, Schnitzel) ☐ Sonstige (bitte angeben): _____	
Werden in Ihrer Wohnung/Ihrem Haus zusätzlich Einzelöfen, die mit Holz/Kohle beheizt werden, benutzt? (*Gemeint sind Kachelöfen, Allesbrenneröfen und offene Kamine.)*	☐ Ja	☐ Nein
Falls ja, bitte geben Sie die Art des Ofens an (z. B. *Kachelofen, Allesbrenner, offener Kamin*)?		
Wurden in den letzten 6 Monaten von Ihnen oder jemand anderen Renovierungsarbeiten in oder an Ihrem Zuhause durchgeführt?	☐ Ja	☐ Nein
Wenn ja, bitte geben Sie alle zutreffenden Renovierungsarbeiten an:	☐ Innenanstrich (Farbe, Lack) ☐ Aufbereitung von Altböden ☐ Wohnraumerweiterung/Anbau ☐ Verlegung neuer Teppichböden (geklebt oder verspannt)	

	☐ Abbeizen von Schränken ☐ Sonstige (bitte angeben): _____	
Liegt Ihre Wohnung/Ihr Haus an einer stark befahrenen Straße (ab Landstraßenniveau) (bis 50 m entfernt)?	☐ Ja	☐ Nein
Befinden sich Anlagen zur Förderung von Erdgas oder Erdöl in der Nähe Ihrer Wohnung/Ihres Hauses?	☐ Ja	☐ Nein
Falls ja, bitte wählen Sie alle zutreffenden Anlagen in Nähe Ihrer Wohnung bzw. Haus aus:	☐ Erdgas-/Erdölförderplatz (inkl. Versenkbrunnen) ☐ Öl-/Bohrschlammgrube ☐ Ich weiß nicht	
Falls ja, wie weit entfernt befindet sich Ihre Wohnung/Ihr Haus von einer nächstliegenden Anlage zur Förderung von Erdgas oder Erdöl?	____ (in km)	
Falls ja, in welcher Himmelsrichtung befindet sich die nächstliegende Anlage?	☐ Norden ☐ Osten ☐ Süden ☐ Westen ☐ NO ☐ SO ☐ NW ☐ SW	
Innenraumluft		
Rauchen Sie zurzeit (auch gelegentlich)?	☐ Ja	☐ Nein
Wie viel rauchen Sie derzeit gewöhnlich pro Tag?	__ Anzahl Zigaretten pro Tag __ Anzahl Zigarren pro Tag __ Anzahl Pfeifen pro Tag __ Anzahl E-Zigaretten pro Tag	
Verwenden Sie Kautabak oder Snus?	☐ Ja	☐ Nein
Wenn ja, wie oft kauen Sie Tabak/Snus?	_____ x pro Tag	
Leben in Ihrem Haushalt (*weitere*) Raucher?	☐ Ja	☐ Nein
Wenn ja: Wie viele?		
Rauchen Sie oder andere in Ihren Wohnräumen?	☐ Ja	☐ Nein
Wenn ja, wie viele Zigaretten werden gewöhnlich pro Tag in Ihrer Wohnung geraucht?		
Wenn ja, wie viele Zigarren werden gewöhnlich pro Tag in Ihrer Wohnung geraucht?		
Wenn ja wie viele Pfeifen werden gewöhnlich pro Tag in Ihrer Wohnung geraucht?		
Wenn ja, wie viele E-Zigaretten werden gewöhnlich pro		

Tag in Ihrer Wohnung geraucht?		
Wie oft lüften Sie gewöhnlich bei weit geöffneten oder gekippten Fenstern?	☐ 1x täglich ☐ 2x täglich ☐ Mehr als 2x täglich ☐ Sonstiges, bitte angeben _____	
Schlafen Sie zurzeit bei geöffneten (gekippten) Fenstern?	☐ Ja	☐ Nein
Im Innenbereich verwendete Brennstoffe		
Welche Brennstoffe oder Energieträger verwenden Sie in Ihrem Zuhause?	☐ Erdgas ☐ Propangas ☐ Heizöl ☐ Strom ☐ Kohle/Holz ☐ Feste Biobrennstoffe (z. B. Holzpellets, Torfpellets o.ä.) ☐ Sonstige, bitte angeben _____ ☐ Weiß nicht	
Lagern Sie Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl oder Petroleum an einem oder mehreren der genannten Orte? *(Bitte alle zutreffenden ankreuzen)*	☐ Raum im Haus ☐ Keller ☐ Garage (mit Verbindung zum Wohnraum) ☐ Garage (ohne Verbindung zum Wohnraum) ☐ Carport ☐ Sonstige, bitte angeben _____ ☐ Nein	
Werden Geräte mit Benzin- oder Dieselmotoren, wie z.B. Rasenmäher an einem oder mehreren der genannten Orte gelagert? *(Bitte alle zutreffenden ankreuzen)*	☐ Raum im Haus ☐ Keller ☐ Garage (mit Verbindung zum Wohnraum)	

	☐ Garage (ohne Verbindung zum Wohnraum) ☐ Carport ☐ Sonstige, bitte angeben _____ ☐ Nein
Werden Farben, Lacke, bei der Holzbearbeitung eingesetzte Lösungsmittel, Abbeizflüssigkeiten oder Klebstoffe an einem oder mehreren der genannten Orte gelagert? *(Bitte alle zutreffenden ankreuzen)*	☐ Raum im Haus ☐ Keller ☐ Garage (mit Verbindung zum Wohnraum) ☐ Garage (ohne Verbindung zum Wohnraum) ☐ Carport ☐ Sonstige, bitte angeben _____ ☐ Nein

Bitte geben Sie den vollständig ausgefüllten Fragebogen zusammen mit der den 24-Stunden-Sammelurinproben ab.

Haben Sie noch Anmerkungen oder Kommentare, die Sie uns mitteilen möchten:

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe und Teilnahme an der Studie!

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
MEDIZINISCHE FAKULTÄT

IPASUM
Institut und Poliklinik für
Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin

Fragebogen-Teil zu Einflussfaktoren während der 24-Stunden-Urin-Sammlung

(Die folgenden Fragen dienen zur Erfassung aktueller Einflussfaktoren während der 24-Stunden Urin-Sammlung. Bitte beziehen Sie Ihre Antworten ausschließlich auf diesen Zeitraum.)

Teilnehmer-Code:	

Bitte geben Sie das Datum der Probennahme an:	Tag/Monat/Jahr	
Bitte geben Sie an, ob es sich um einen Tag mit oder ohne beruflicher Tätigkeit handelt: (Je nach Arbeitsmodel entsprechen diese Tage nicht immer dem Werktag bzw. dem Wochenende.)	☐ Tag mit beruflicher Tätigkeit	☐ Tag ohne beruflicher Tätigkeit
Wieviel Stunden haben Sie sich während der 24h-Urin-Sammlung in Ihrer Wohnung/Haus oder in dessen Umgebung (Umkreis von ca. 2 km) aufgehalten?	_____ Anzahl der Stunden	
Wieviel Stunden davon haben Sie sich in Ihrer Wohnung/Ihrem Haus aufgehalten?	_____ Anzahl der Stunden	
Gab es in den letzten 24 Stunden Fackelarbeiten bei Erdgasanlagen?	☐ Ja	☐ Nein
Hielten Sie sich 10 Minuten oder länger in der Nähe einer Tabak-rauchenden Person auf?	☐ Ja	☐ Nein
Waren Sie Dämpfen von Dieselkraftstoff oder Benzin ausgesetzt oder hielten Sie sich an einer Tankstelle oder in einer Kfz-Werkstatt auf?	☐ Ja	☐ Nein
Haben Sie selbst Ihr Auto oder ein anderes Kraftfahrzeug mit Benzin oder Diesel betankt?	☐ Ja	☐ Nein
Wenn ja, wie viele Stunden liegt der Tankvorgang zurück?	_____ Anzahl der Stunden	
Wie lange fuhren Sie mit dem Auto während der letzten 24 Stunden?	☐ Gar nicht ☐ bis 1 Stunde ☐ länger als 1 Stunde	
Haben Sie benzinbetriebene Geräte verwendet (z.B. Rasenmäher, Kettensäge, Heckenschere, etc.)?	☐ Ja	☐ Nein
Wie viele Stunden liegt das zurück?	_____ Anzahl der Stunden	
Haben Sie während der Probenahme einen Kohle- oder Holzofen im Innenraum betrieben?	☐ Ja	☐ Nein
Haben Sie während der Probenahme gegrillt?	☐ Ja	☐ Nein
Haben Sie in den letzten 3 Tagen Fisch oder Meeresfrüchte verzehrt?	☐ Ja	☐ Nein
Kam es während der Urinsammlung in Ihrer Wohnung zu einem Bruch einer Energiesparlampe oder eines quecksilberhaltigen Fieberthermometers?	☐ Ja	☐ Nein

Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin,
Henkestraße 9-11, 91054 Erlangen
Tel.: +49 9131/85-22312
Fax: +49 9131/85-22317

Analytisch toxikologische Laboratorien, Henkestraße 9-11, 91054 Erlangen
Tel.: +49 9131/85-26272
Internet: www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de

Niedersächsisches
NLGA Landesgesundheitsamt

Hannover,12.06.2018

Sehr geehrter Studienteilnehmer, sehr geehrte Studienteilnehmerin,

Sie haben sich für die Teilnahme an der Human-Biomonitoring-Studie (Human-Biomonitoring (HBM) in der Allgemeinbevölkerung in der Nachbarschaft von Anlagen der Kohlenwasserstoff-Förderung in Niedersachsen) bereit erklärt und heute die Passivsammlerröhrchen (ORSA) für die Luftprobenahmen erhalten. Dazu möchten wir noch einmal folgende Hinweise geben.

Sie erhalten je ein Röhrchen in einem Glasgefäß mit einem Halter (Abbildung 1) für die Probenahme im Innenraum Ihrer Wohnung, ein Röhrchen mit einem Regenschutz (Abbildung 2) für die Probenahme der Außenluft und für sich selbst ein weiteres Röhrchen für die personalisierte Probenahme. Die ORSA-Röhrchen bekommen Sie in einem beschrifteten Glasgefäß, das bei Ihnen verbleibt und in das die ORSA-Röhrchen am Ende der Probenahme wieder von uns zurückgesetzt werden.

Abb. 1: ORSA in Glasbehältnis mit Halter

Abb. 2: ORSA-Röhrchen mit Regenschutz

Die gesamte Zeitdauer der Luft-Probenahmen soll 14 Tage umfassen, kann aber davon geringfügig abweichen; d.h., in diesem Fall 13-15 Tage betragen. Die Röhrchen in den Glasgefäßen werden anschließend von uns eingesammelt und in das Labor transportiert.

Den optimalen Ort für die Außenluft-ORSA werden wir gemeinsam wählen. Die Innenraum-ORSA sollten dort liegen, wo Sie in Ihrer Wohnung die gewöhnlich längste Aufenthaltsdauer am Tag haben und ungefähr in einer Höhe, wo Sie für gewöhnlich atmen. Es ist wichtig, dass das Röhrchen nicht direkt der Sonne ausgesetzt ist und auch nicht für Haustiere erreicht und beschädigt werden kann. Die ORSA-Röhrchen Ihrer personalisierten Probennahme können Sie mit dem Halter entweder direkt an der Kleidung befestigen (z.B. an einer Hemd- oder Blusentasche) oder mit einer leichten Halskette oder -schnur um den Hals tragen. Im letzteren Fall sollte das Röhrchen leicht wieder abzunehmen sein, wenn Sie z.B. Duschen oder schlafen wollen. In jedem Fall sollten Sie Ihren Tagesablauf wie gewohnt gestalten und müssen nicht auf Ihre Routinen verzichten. Sollten Sie mit Ihrem ORSA-Röhrchen unerwartet in starken Regen ohne Schutz geraten, ist es sinnvoll, die Dichtigkeit der Wattestopfen der ORSA zu kontrollieren.

Bei Fragen stehen Ihnen zur Verfügung:

a) Zu den Luftprobenahmen: Dr. Klaus-Michael Wollin, Mail: klaus-michael.wollin@nlga.niedersachsen.de, Tel. 0511-4505-243
b) Allgemein zur HBM-Studie von der Universität Erlangen: Prof. Dr. Th. Göen, Mail Thomas.Goeen@fau.de, Tel. 09131- 85-26121

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrage

Dr. K.-M. Wollin

(Dipl.-Chem., ERT)