

UMWELT UND GESUNDHEIT

01/2025

Ergebnisbericht

Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V)

Teil 2: Qualität der Innenraumluft

von:

Annika Fernandez Lahore, Robert Bethke, Anja Daniels, Konrad Neumann und Wolfram Birmili
mit Beiträgen von: Nadine Schechner, Klaus-Reinhard Brenske, Stefan Ackermann, Jürgen Kura,
Axel Pietsch, Enrico Rucic

Konzeption: Wolfram Birmili

Herausgeber:

Umweltbundesamt

UMWELT UND GESUNDHEIT 01/2025

Ergebnisbericht

Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V)

Teil 2: Qualität der Innenraumluft

von

Annika Fernandez Lahore, Robert Bethke, Anja Daniels,
Konrad Neumann und Wolfram Birmili

mit Beiträgen von: Nadine Schechner, Klaus-Reinhard
Brenske, Stefan Ackermann, Jürgen Kura, Axel Pietsch,
Enrico Rucic

Konzeption: Wolfram Birmili

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

Fax: +49 340-2103-2285

buergerservice@uba.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

Abschlussdatum:

September 2024

Redaktion:

Fachgebiet II 1.3 Innenraumhygiene, gesundheitsbezogene Umweltbelastungen

Wolfram Birmili

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7740>

ISSN 1868-4340

Dessau-Roßlau, Februar 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V) - Teil 2: Qualität der Innenraumluft

Im Rahmen der Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit (GerES) erhebt das Umweltbundesamt in mehrjährigen Intervallen repräsentative Daten zur Belastung der Bevölkerung in Deutschland gegenüber Umweltschadstoffen. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der fünften Erhebung GerES V vor, die das Umweltbundesamt 2014–2017 in Zusammenarbeit mit der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS Welle 2) des Robert-Koch-Instituts durchgeführt hat. Gegenstand dieses Berichtes ist die Qualität der Innenraumluft der Wohnungen von Kindern und Jugendlichen. Als Schadstoffbelastung wurden 61 Parameter aus dem Bereich der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), 14 Parameter der Aldehyde, 12 Parameter der polyaromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie die Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel bestimmt. Neben der Beschreibung des Studiendesigns und der Datenerhebung sowie den verwendeten analytischen Methoden werden die Messdaten in Form einer deskriptiven Übersicht mit statistischen Kennwerten der jeweiligen Messwertverteilung bereitgestellt. Ein Vergleich der gemessenen Stoffkonzentrationen mit toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerten zeigte, dass letztere nur in sehr wenigen Fällen überschritten waren. Durch bivariate Analysen mit den Stratifizierungsmerkmalen und den in der Studie erhobenen Fragebogendaten konnten Erkenntnisse zu den Belastungsquellen der Stoffe in der Innenraumluft gewonnen sowie Ungleichheiten der Belastung in Abhängigkeit von Geschlecht, Wohnort, Wohnumständen und sozioökonomischen Faktoren festgestellt werden. Die gewonnenen Daten zur Innenraumluftbelastung sind bedeutsam, um den Zustand der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern und Jugendlichen in Deutschland zu erfassen und zu bewerten. Die Ergebnisse tragen dazu bei, Empfehlungen zur weiteren Prävention abzuleiten sowie politischen Handlungsbedarf zu ermitteln.

Abstract: German Environmental Survey for Children and Adolescents 2014–2017 (GerES V) – Part 2: Indoor Air Quality

As part of the German Environmental Health Study (GerES), representative data on the exposure of the population in Germany to environmental pollutants are collected at intervals of several years. This report presents the results of the fifth GerES V survey, which the Federal Environment Agency conducted in 2014-2017 in collaboration with the Robert Koch Institute's 'Study on the Health of Children and Adolescents in Germany' (KiGGS Wave 2). This report elaborates on the quality of indoor air in the homes of children and adolescents. To describe the mix of pollutants, 61 parameters from the area of volatile organic compounds (VOC), 14 parameters of aldehydes, 12 parameters of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and the number concentration of ultrafine particles were determined. In addition to a description of the study design and data collection as well as the analytical methods used, the measured data are provided in the form of a descriptive overview with static characteristic values of the respective measured value distribution. A comparison of the measured substance concentrations with toxicologically derived indoor guideline values showed that the latter were only exceeded in very few cases. Bivariate analyses with the stratification characteristics and the questionnaire data collected in the study provided insights into the sources of exposure to the substances in indoor air and identified inequalities in exposure depending on gender, place of residence, living conditions and socio-economic factors. The data obtained on indoor air pollution is important for recording and assessing the state of indoor air in households with children and adolescents in Germany. The results help derive recommendations for further prevention and identify the need for political action.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	11
Zusammenfassung.....	13
Summary.....	16
1 Einleitung.....	18
1.1 Bedeutung der Innenraumluft.....	18
1.2 Flüchtige organische Verbindungen in Innenräumen.....	18
1.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	20
1.4 Ultrafeine Partikel.....	21
2 Material und Methoden.....	23
2.1 Die repräsentative Bevölkerungsstudie GerES V.....	23
2.1.1 Stichprobenziehung.....	24
2.1.2 Stichprobenermittlung.....	24
2.1.3 Gewichtung der Messdaten.....	25
2.1.4 VOC und Aldehyde im Innenraum.....	25
2.1.5 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM _{2,5}	26
2.1.6 Partikelanzahl im Innenraum.....	26
2.2 Chemisch-analytische Methoden.....	26
2.2.1 VOC: Bestimmung der chemischen Innenraumluftverunreinigungen.....	26
2.2.1.1 VOC: Probenvorbereitung und Probenahme.....	27
2.2.1.2 VOC: Analyse und Auswertung.....	27
2.2.1.3 VOC: Qualitätssicherung.....	29
2.2.2 Aldehyde: Bestimmung der chemischen Innenraumluftverunreinigungen.....	29
2.2.2.1 Aldehyde: Probenvorbereitung und Probenahme.....	30
2.2.2.2 Aldehyde: Analyse und Auswertung.....	30
2.2.2.3 Aldehyde: Qualitätssicherung.....	32
2.2.3 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM _{2,5}	32
2.2.4 Ultrafeine Partikel (UFP) im Innenraum.....	33
2.3 Vergleich mit Innenraumrichtwerten.....	34
3 Ergebnisse.....	36
3.1 Flüchtige organische Verbindungen: VOC.....	36
3.1.1 Überblick: VOC.....	36

3.1.2	Statistik der Stoffkonzentrationen: VOC.....	36
3.1.3	Substanzen in kaum nachweisbaren Konzentrationen.....	46
3.1.4	Non-Target-Analyse	47
3.1.5	Vergleich mit Innenraumrichtwerten: VOC	47
3.1.6	Vergleich zur vorigen Studie GerES IV: VOC	48
3.2	Flüchtige organische Verbindungen: Aldehyde	51
3.2.1	Überblick: Aldehyde.....	51
3.2.2	Statistik der Stoffkonzentrationen.....	51
3.2.3	Vergleich mit Innenraumrichtwerten: Aldehyde	52
3.2.4	Vergleich zur vorigen GerES-Studie: Aldehyde	53
3.3	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM _{2,5}	54
3.3.1	Überblick: PAKs	54
3.3.2	Statistik der PAKs	55
3.4	Ultrafeine Partikel (UFP) im Innenraum.....	59
3.4.1	Überblick: UFP.....	59
3.4.2	Statistik der UFP.....	59
4	Fazit	62
5	Quellenverzeichnis	64
A	Anhang: Technische Parameter Analytik	68
B	Anhang: CAS-Nummern der Analyten.....	72
C	Anhang: Vollständige Ergebnistabellen.....	75
C.1	Alkane.....	75
C.2	Alkohole	84
C.3	Aromaten	86
C.4	Carbonsäureester.....	95
C.5	Glycolether	98
C.6	Halogenierte Verbindungen.....	100
C.7	Naphthalin.....	100
C.8	Phenole	100
C.9	Sauerstoffhaltige Verbindungen	103
C.10	Siloxane	103
C.11	Terpene	105
C.12	Aldehyde	112

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Thermodesorptionsröhrchen für die VOC-Probenahme, sogenannter PE-Sammler mit Tenax TA®	27
Abbildung 2:	Die für die Probenahme der Aldehyde verwendeten UME ^x 100-Sammler.....	29
Abbildung 3:	Derivatisierung von Carbonylverbindungen mittels 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) zu den korrespondierenden Hydrazonderivaten unter Wasserabspaltung.....	30
Abbildung 4:	Änderung der mit einem CPC gemessenen Partikelanzahlkonzentration während der einstündigen Probenahme für neun zufällig ausgewählte Fälle, mit Proben-ID.....	34
Abbildung 5:	Unterschiede der gemessenen Alkan-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht der Teilnehmenden.	38
Abbildung 6:	Unterschiede der gemessenen 2-Ethylhexanol-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und des Sozioökonomischen Status des Teilnehmers.	39
Abbildung 7:	Unterschiede der gemessenen Benzen-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Wohnort, Rauchstatus, Anzahl der Raucher im Haushalt und der Verkehrslage vor der Wohnung/dem Haus.	40
Abbildung 8:	Unterschiede der gemessenen Naphthalin-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Rauchstatus, der Anzahl im Haushalt lebender Rauchenden und der Anwendung von Textilschutzmitteln.	41
Abbildung 9:	Unterschiede der gemessenen TXIB®-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und Lebensalter des Teilnehmenden.....	43
Abbildung 10:	Unterschiede der gemessenen Siloxan D5-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und der Verwendung unterschiedlicher Pflegeprodukte.	44
Abbildung 11:	Unterschiede der gemessenen α -Pinen und δ -3-Caren-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit von der Ausstattung des Raumes mit Vollholzmöbeln.....	45
Abbildung 12:	Unterschiede der gemessenen Limonen-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Sozioökonomischen Status, Migrationshintergrund und der Verwendung von Duft- und Aromastoffen.....	45
Abbildung 13:	Unterschiede der gemessenen TVOC-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und der Anzahl an Rauchenden im Haushalt.....	46

Abbildung 14:	Statistik der Raumlufkonzentration für ausgewählte Stoffe bzw. Gruppen der VOC, nach absteigendem Median sortiert. 48
Abbildung 15:	Relative Änderung der Raumlufkonzentrationen an VOC von GerES IV (2003–2006) zu GerES V (2014–2017).49
Abbildung 16	Jahresmittelwerte von Benzen in der Außenluft von 2003 bis 2022 im Vergleich zu den Mittelwerten von Benzol in der Innenraumluf aus GerES IV und GerES V.50
Abbildung 17:	Unterschiede des gemessenen Formaldehyd- und Acetaldehyd-Konzentrationen in GerES V in der Ausstattung mit Vollholzmöbeln und Linoleum Fußbodenbelägen.....52
Abbildung 18:	Statistik der Raumlufkonzentration der Aldehyde, nach absteigendem Median sortiert.....53
Abbildung 19:	Relative Änderung der Raumlufkonzentrationen an Aldehyden von GerES IV (2003–2006, n = 586) zu GerES V (2014–2017, n = 639).....54
Abbildung 20:	Häufigkeitsverteilung der PAK-Konzentration.....56
Abbildung 21	Jahresmittelwerte von Benzo[a]pyren in der Außenluft von 2013 bis 2023 im Vergleich zu den Mittelwerten von Benzo[a]pyren in der Außen- und Innenraumluf aus GerES V.57
Abbildung 22:	Massenkonzentration für Feinstaubgebundene PAKs innen und außen in Abhängigkeit von der Außentemperatur.58
Abbildung 23:	Häufigkeitsverteilung der bei GerES V gemessenen Partikelanzahlkonzentration.60
Abbildung 24:	Unterschiede der bei GerES V gemessenen Partikelanzahlkonzentration $N > 10$ als Funktion von sozioökonomischem Status des Haushaltes und dem Raucherstatus.....61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vergleich der relativen Kanzerogenität einiger PAKs, normiert auf die Kanzerogenität von Benzo[a]pyren (Nisbet und LaGoy 1992).....21
Tabelle 2:	Typische Emissionsquellen der VOC nach Stoffgruppen.36
Tabelle 3:	Alkane in der Innenraumluf (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.37
Tabelle 4:	Alkohole in der Innenraumluf (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.38
Tabelle 5:	Aromaten in der Innenraumluf (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.39
Tabelle 6:	Carbonsäureester in der Innenraumluf (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.....41

Tabelle 7:	Glykolether in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.....	42
Tabelle 8:	Siloxane in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.	43
Tabelle 9:	Terpene in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.	44
Tabelle 10:	TVOC in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.	46
Tabelle 11:	Typische Emissionsquellen der Aldehyde.....	51
Tabelle 12:	Aldehyde in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.	51
Tabelle 13:	Typische Emissionsquellen der PAKs im Innenraum.	54
Tabelle 14:	PAKs in der Innenraumluft (in ng m^{-3}) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.	55
Tabelle 15:	Verhältnisse der Winter- / Sommerkonzentration der PAKs ...	58
Tabelle 16:	Typische Emissionsquellen der UFP im Innenraum.....	59
Tabelle 17:	Partikelanzahlkonzentration in der Innenraumluft (in p. cm^{-3}) in Haushalten mit 3- bis 17-jährigen Kindern in Deutschland..	59

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AIR	Ausschuss für Innenraumrichtwerte
AM	arithmetisches Mittel
BaP	Benzo[<i>a</i>]pyren
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BG	Bestimmungsgrenze
BVOC	biogenic VOC
CPC	Kondensationspartikelzähler
DNPH	2,4 Dinitrophenylhydrazin
FID	Flammenionisationsdetektor
FKZ	Forschungskennzahl
GC	Gaschromatographie
GerES	Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit – German Environmental Survey
GM	geometrisches Mittel
LC	Flüssigkeitschromatographie – liquid chromatography
MAX	Maximalwert
MRM	multiple reaction monitoring
MS	Massenspektrometrie
MVOV	microbial VOC
MW	Molekulargewicht – molecular weight
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PE	PerkinElmer (Hersteller von Adsorptionsröhrchen)
PM _{2,5}	Feinstaubpartikel < 2,5 µm – particulate matter < 2,5 µm
POM	organisches Partikelmaterial – particulate organic matter
ReFo-Plan	Ressortforschungsplan
RKI	Robert-Koch-Institut
RW I	Richtwert I – Vorsorgerichtwert des AIR
RW II	Richtwert II – Gefahrenrichtwert des AIR
SIM	selected ion monitoring
SVOC	schwerflüchtige organische Verbindungen – semi-volatile organic compounds
TDS	Thermodesorption(system)
TEF	Toxikologischer Äquivalenzfaktor – toxicological equivalency factor

Abkürzung	Erläuterung
TVOC	Gesamtmenge flüchtiger organischer Verbindungen – total volatile organic compounds
UFP	Ultrafeine Partikel (Partikel mit Durchmesser < 100 nm)
VOC	flüchtige organische Verbindungen – volatile organic compounds
VVOC	stark flüchtige organische Verbindungen – very volatile organic compounds

Zusammenfassung

Im Rahmen der Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit (GerES) erhebt das Umweltbundesamt (UBA) in Abständen mehrerer Jahre repräsentative Daten zur Belastung der Bevölkerung in Deutschland gegenüber Umweltschadstoffen. Der vorliegende Bericht stellt Ergebnisse des fünften Zyklus GerES V vor, den das UBA 2014–2017 in Zusammenarbeit mit der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS Welle 2) des Robert-Koch-Instituts durchgeführt hat.

Thema dieses Berichtes ist die Qualität der Innenraumluft der Wohnungen von Kindern und Jugendlichen. Die Raumluftqualität in der häuslichen Umgebung ist für mögliche Belastungen mit Umweltschadstoffen relevant, weil Kinder und Jugendliche hier viel Zeit verbringen. Eine schlechte bzw. belastete Innenraumluft kann Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Gesundheit beeinträchtigen. Die Ursachen für gute bzw. weniger gute Innenraumluft können vielfältig sein und sowohl in der Substanz des Gebäudes (Baumaterialien und Einrichtungsgegenstände) als auch im Nutzungsverhalten (Konsum- und Lifestyle-Produkte; Lüftungsverhalten) begründet sein. Ziel von GerES V war es, aktuelle Erkenntnisse zur häuslichen Raumluftqualität bei Kindern und Jugendlichen zu gewinnen, einerseits repräsentative Mittelwerte und Streubreiten, andererseits Zusammenhänge zu sozioökonomischen wie auch gebäude- und nutzungsbezogenen Faktoren.

Die Schadstoffbelastung in der Innenraumluft wurde in Form verschiedener Parameter aus dem Bereich organischer Gasphasenverbindungen sowie partikelbezogenen Parameter bestimmt. Die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) umfassten 60 Einzelverbindungen aus dem Bereich der Alkane, Aromaten, Alkohole, Carbonsäureester, Glykolether, Siloxane, Terpene sowie den Summenparameter Total Volatile Organic Carbon (TVOC). Hinzu kamen 14 Verbindungen der Aldehyde, darunter Formaldehyd als der bekannteste Vertreter, 12 Verbindungen der polyaromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Partikelphase $PM_{2,5}$ sowie die Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel (UFP). Die Probenahme der VOC und Aldehyde wurde mittels Passivsammlern über eine Messdauer von je einer Woche durchgeführt. Hierbei spiegelten die Messungen die üblichen Nutzungsbedingungen im Haushalt wider. Dies betrifft sowohl das Verhalten der Teilnehmenden als auch den Lüftungszustand des Gebäudes.

In den Laboren kamen massenspektroskopische Analyseverfahren zur Anwendung: Thermodesorption-Gaschromatographie (TD-GC/MS) für die VOC, Flüssigkeitschromatographie (LC-MS/MS) für die Aldehyde, sowie GC/MS für die PAK. Die Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel wurde durch direktanzeigende Partikelkondensationszähler über eine Dauer von einer Stunde in jeder Wohnung erfasst. Aufgrund des hohen technischen Aufwandes wurden die Messungen in der Regel nur bei einer Untergruppe der an GerES V teilnehmenden Personen durchgeführt. Gültige Daten konnten für je 615 Teilnehmende (VOC und Aldehyde), 77 Teilnehmende (PAK) sowie 2172 Teilnehmende (UFP) ermittelt werden.

Der Bericht stellt alle Messdaten in Form einer deskriptiven Übersicht mit statischen Kennwerten zusammen. Diese beinhalten für jeden gemessenen Parameter das arithmetische und geometrische Mittel, das Maximum, das 10., 50. und 90. Perzentile sowie den Anteil der Messwerte über der analytischen Bestimmungsgrenze.

Die Qualität der Innenraumluft kann durch einen Vergleich der Messwerte mit toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerten bewertet werden. Im vorliegenden Fall wurden die Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) verwendet. Der Vergleich zeigte, dass die in GerES V gemessenen Stoffkonzentrationen nur in wenigen einzelnen Fällen den

langfristigen Vorsorgerichtwert (sog. Richtwert I) überschritten. Beispielsweise wurde der Richtwert I für Formaldehyd ($100 \mu\text{g m}^{-3}$) nur in einem von 615 Fällen überschritten.

Über Fragebögen und Interviews wurden expositionsrelevante Gewohnheiten und Verhaltensweisen der Teilnehmenden sowie Informationen zur Wohnumgebung und Lebenssituation erfasst. Entsprechende bivariate Zusammenhangsanalysen mit den Messwerten der Innenraumluft lieferten Hinweise auf mögliche Quellen und Ursachen der Schadstoffe sowie Ungleichheiten der Belastung in Abhängigkeit von persönlichen oder wohnortbezogenen Merkmalen sowie sozioökonomischen Kriterien.

Der Rauchstatus, d.h. rauchende Teilnehmende bzw. rauchende Personen im Haushalt erwies sich als ein wesentlicher Einflussfaktor für eine ungünstige Luftqualität in der Innenraumluft der Wohnungen, feststellbar an höheren Konzentrationen an Benzen, Naphthalin, TVOC und UFP. Stark befahrene Hauptstraßen im Umfeld der Wohnung korrelierten ebenfalls mit höheren Konzentrationen an Benzen. Beide Ergebnisse geben Hinweise, dass Verbrennungsprozesse innerhalb wie auch außerhalb der Wohnung die Konzentrationen an VOC und Partikeln in der Innenraumluft beeinflussen.

Vereinzelte fanden sich geschlechtsspezifische Effekte, beispielsweise bei dem Glykolether TXIB®. Hier waren die Konzentrationen in den Zimmern von Mädchen signifikant höher als in den Zimmern von Jungen. Selbiges betätigte sich auch für TVOC. Für TXIB® gab es auch einen altersspezifischen Effekt. Bei jungen Kindern (3–5 Jahre) waren die Konzentrationen signifikant höher als bei älteren Kindern und Jugendlichen. Glykolether kommen z.B. in Farben und Beschichtungen vor, und man kann vermuten, dass die Unterschiede von der Nutzung bestimmter Produkte, z.B. Spielzeug oder Einrichtungsgegenstände, im Innenraum herrühren.

Die Anwesenheit von Vollholzmöbeln im Raum korrelierte mit erhöhten Konzentrationen an Terpenen (α -Pinen und δ -3 Caren), ein durchaus zu erwartendes Ergebnis.

Die Anwendung von Kosmetikprodukten (Körper-Waschlotion, Duschgel, Körperlotion, Cremes, Deodorants) korrelierten mit erhöhten Konzentrationen an Siloxanen (D5).

Der Duftstoff Limonen korrelierte mit höherem sozioökonomischem Status sowie mit dem Migrationshintergrund. Dies könnte auf unterschiedliche Präferenzen und Nutzung entsprechender Konsumprodukte hindeuten.

Da in der früheren Bevölkerungsstudie GerES IV teilweise dieselben Analyten bestimmt wurden, war es möglich, Unterschiede von GerES IV (2003-2006) zu GerES V (2014-2017) zu betrachten. Insgesamt gingen die Konzentrationen an VOC in den Innenräumen von der früheren zur späteren Studie zurück. Besonders auffällig war der Rückgang bei den Aromaten und Alkanen, im Fall von Toluol um ca. 60 %. Dies ist grundsätzlich konsistent mit niedrigen Konzentrationen der Aromaten und Alkane in der Außenluft, was auch indirekt zu niedrigeren Einträgen in die Innenraumluft führt. Messnetzdaten für die Außenluft zeigen, dass zum Beispiel Benzene über den gleichen Zeitraum um 40 % gesunken ist.

Bei 2-Ethylhexanol und dem bereit genannten TXIB® waren hingegen Zunahmen zu verzeichnen. Hier wird vermutet, dass die Anstiege mit einer erweiterten Anwendung in Produkten wie lösemittelarmen und wasserbasierten Farben sowie Klebstoffen zusammenhängen könnte. Es ist ebenso mitteilenswert, dass die mittlere Konzentration an Formaldehyd sich zwischen den Studien nicht merklich verändert hat (Stagnation bei $25 \mu\text{g m}^{-3}$), während die Konzentrationen der meisten anderen Aldehyde deutlich gesunken sind.

In einem speziellen Modul zur Feinstaubbelastung wurden die Konzentrationen von zwölf polyaromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in 77 Wohnungen ermittelt. Hierbei kamen sowohl Innen- als auch Außenluftmessungen zum Einsatz. Für die Leitsubstanz Benzo[a]pyren

wurde ein geometrisches Mittel von $0,13 \text{ ng m}^{-3}$ von $\text{PM}_{2,5}$ ermittelt. Das mittlere Innenraum-/Außenraum-Verhältnis betrug 0,81. Hohe PAK-Konzentrationen traten vornehmlich in der kalten Jahreszeit auf. Eine Ursache sind die höheren Feinstaubbelastungen bei kalten Wetterlagen, als vermutliche Kombination erhöhter Emissionen aus Heizungsanlagen sowie ungünstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen.

Insgesamt sei das Fazit erlaubt, dass die Innenraumluftqualität in deutschen Kinder- und Jugendzimmern überwiegend als gut bezeichnet werden kann. Richtwerte I (Vorsorgewerte) einer Substanz wurden nur in weniger als 2 % der Haushalte überschritten. Unvermeidliche Beiträge von Schadstoffen aus der Außenluft werden offenbar geringer. Es ist eine Zunahme einzelner Substanzen aus dem Bereich Lösungsmittel zu verzeichnen. Einige Problempunkte scheinen auf individuelles Verhalten wie das Rauchen oder die Nutzung bestimmter Konsum- bzw. Lifestyle-Produkte zurückzuführen.

Summary

As part of the German Environmental Health Study (GerES), the Federal Environment Agency (UBA) collects representative data on the exposure of the population in Germany to environmental pollutants at intervals of several years. This report presents the results of the fifth cycle, GerES V, which UBA conducted in 2014-2017 in cooperation with the Robert Koch Institute's 'Study on the Health of Children and Adolescents in Germany' (KiGGS Wave 2).

The topic of this report is the quality of indoor air in the homes of children and adolescents. Indoor air quality in the home environment is relevant for possible exposure to environmental pollutants because children and adolescents spend a lot of time there. Poor or polluted indoor air can impair well-being, performance and health. The causes of good or less good indoor air can be manifold and can be based both on the substance of the building (building materials and furnishings) and on usage behaviour (consumer and lifestyle products; ventilation behaviour). The aim of GerES V was to obtain current findings on indoor air quality in the homes of children and adolescents, on the one hand representative mean values and scattering ranges, and on the other hand correlations with socio-economic as well as building and utilisation-related factors.

Pollutant concentrations in indoor air were determined in the form of various parameters from the area of organic vapour phase compounds and particle-related parameters. The volatile organic compounds (VOC) comprised 60 individual compounds from the field of alkanes, aromatics, alcohols, carboxylic acid esters, glycol ethers, siloxanes, terpenes and the sum parameter total volatile organic carbon (TVOC). In addition, 14 compounds of aldehydes, including formaldehyde as the best-known representative, 12 compounds of polyaromatic hydrocarbons (PAH) in the PM_{2.5} particle phase and the number concentration of ultrafine particles (UFP) were analysed. VOC and aldehyde sampling was carried out using passive samplers over a measurement period of one week, representing the normal conditions of usage. Mass spectroscopic analysis methods were used in the laboratories: thermal desorption gas chromatography (TD-GC/MS) for the VOCs, liquid chromatography (LC-MS/MS) for the aldehydes and GC/MS for the PAHs. The number concentration of ultrafine particles was recorded by direct-reading particle condensation counters over a period of one hour in each apartment. Due to technical complexity, the measurements were generally only carried out in a subgroup of the people participating in GerES V. Valid data was obtained for 615 participants (VOCs and aldehydes), 77 participants (PAHs) and 2172 participants (UFP).

This report summarises all measurement data in the form of a descriptive overview with static characteristic values. For each parameter measured, these include the arithmetic and geometric mean, the maximum, the 10th, 50th and 90th percentiles as well as the proportion of measured values above the analytical limit of quantification.

The quality of the indoor air can be assessed by comparing the measured values with toxicologically derived indoor guideline values. In the present case, the guideline values of the Committee for Indoor Guide Values (AIR) were used. The comparison showed that the substance concentrations measured in GerES V only exceeded the long-term precautionary guideline value (so-called guideline value I) in a few individual cases. For example, guideline value I for formaldehyde (100 µg m⁻³) was only exceeded in one out of 615 cases.

Questionnaires and interviews were used to record exposure-relevant habits and behaviours of the participants as well as information on their living environment and living situation. Corresponding bivariate correlation analyses with the measured indoor air values provided indications of possible sources and causes of the pollutants as well as inequalities in exposure depending on personal or residential characteristics and socio-economic criteria.

Smoking status, i.e. smoking participants or smokers in the household, proved to be a significant influencing factor for unfavourable indoor air quality in the homes, as indicated by higher concentrations of benzene, naphthalene, TVOC and UFP. Heavily-used main roads in the vicinity of the home also correlated with higher concentrations of benzene. Both results indicate that combustion processes both inside and outside the home influence the concentrations of VOCs and particles in the indoor air.

Gender-specific effects were found in isolated cases, for example with the glycol ether TXIB®. Here, the concentrations in the rooms of girls were significantly higher than in the rooms of boys. The same was also true for TVOC. There was also an age-specific effect for TXIB®. The concentrations were significantly higher in young children (3-5 years) than in older children and adolescents. Glycol ethers are found in paints and coatings, for example, and it can be assumed that the differences are due to the use of certain products, e.g. toys or furnishings, indoors.

The presence of solid wood furniture in the room correlated with increased concentrations of terpenes (α -pinene and δ -3 carene), a result that is to be expected.

The use of cosmetic products (body wash, shower gel, body lotion, creams, deodorants) correlated with increased concentrations of siloxanes (D5).

The fragrance limonene correlated with higher socioeconomic status and migration background. This could indicate different preferences and use of corresponding consumer products.

As some of the same analytes were determined in the earlier GerES IV population study, it was possible to look at differences between GerES IV (2003-2006) and GerES V (2014-2017). Overall, the concentrations of VOCs in indoor spaces decreased from the earlier to the later study. The decrease in aromatics and alkanes was particularly noticeable, in the case of toluene by approx. 60 %. This is basically consistent with low concentrations of aromatics and alkanes in the outdoor air, which also indirectly leads to lower inputs into the indoor air. Monitoring network data for outdoor air show that benzene, for example, has fallen by 40 % over the same period.

In contrast, increases were recorded for 2-ethylhexanol and the aforementioned TXIB®. It is assumed that the increases could be related to an increased use in products such as low-solvent and water-based paints and adhesives. It is also worth noting that the mean concentration of formaldehyde did not change noticeably between the studies (stagnation at $25 \mu\text{g m}^{-3}$), while the concentrations of most other aldehydes decreased significantly.

In a special module on particulate matter pollution, the concentrations of twelve polyaromatic hydrocarbons (PAHs) were determined in 77 flats. Both indoor and outdoor air measurements were used. A geometric mean of 0.13 ng m^{-3} of $\text{PM}_{2.5}$ was determined for the lead substance benzo[a]pyrene. The average indoor/outdoor ratio was 0.81. High concentrations of PAHs occurred primarily in the cold season. One cause is the higher particulate matter levels in cold weather, as a presumed combination of increased emissions from heating systems and unfavourable meteorological dispersion conditions.

Overall, it can be concluded that the indoor air quality in the homes examined during GerES V can be described as mostly good for the measured substance groups. Unavoidable contributions of pollutants from ambient air appear to be decreasing. There is an increase in individual substances from the solvent sector. Some problems appear to be attributable to individual behaviour such as smoking or the use of certain consumer or lifestyle products.

1 Einleitung

1.1 Bedeutung der Innenraumluft

In der gemäßigten Klimazone hält sich der Mensch einen erheblichen Teil seines Lebens in geschlossenen Räumen auf, wie etwa in Wohnbereichen, Arbeitsstätten, Bildungseinrichtungen und anderen öffentlichen Gebäuden. Schätzungen basierend auf Befragungen legen nahe, dass 80-90 % der Aufenthaltszeit in Innenräumen verbracht wird (Brasche & Bischof, 2005). Diese Angaben wurden durch frühere GerES-Studien bestätigt, in denen die Aufenthaltszeiten von Erwachsenen im Innenraum im Mittel bei 79 % im Sommer und 88 % im Winter lagen. Bei Kindern betrug die Aufenthaltszeit im Winter sogar 91 % des Tages. Ein bedeutender Anteil dieser Zeit entfällt dabei auf private Wohnräume (Christine Schulz et al., 2010).

Der Mensch atmet am Tag zwischen 10.000 bis 20.000 Liter Luft über die Lunge ein und aus, wobei auch unerwünschte gasförmige und partikelgebundene Stoffe und Mikroorganismen in den Körper gelangen können (Elsevier Connect, 2020). Einige der in der Innenraumluft vorkommenden Stoffe stehen in Zusammenhang mit Erkrankungen und Befindlichkeitsstörungen (WHO, 2010). Durch die langen Aufenthaltsdauern in Innenräumen entsteht eine Notwendigkeit, die Bedeutung dieser Stoffe für Präventions- und Gesundheitsförderungsmaßnahmen zu untersuchen (Birmili et al., 2021).

Die Ursachen von Schadstoffbelastungen in der Innenraumluft sind vielfältig. Generell werden Belastungen aus der Außenluft je nach Stärke des Luftwechsels auch in Innenräume getragen. Weitaus höhere Belastungen können im Innenraum entstehen, wenn Einzelstoffe oder Stoffgemische aus Produkten oder Prozessen in den Raum ausgasen oder als Partikel emittiert werden. Die Schadstoffbelastung in Innenräumen wird von der Bauweise und den Eigenschaften des Gebäudes beeinflusst, ebenso wie von den eingesetzten Baumaterialien und Konsumprodukten sowie vom individuellen Verhalten der Raumnutzer*innen (Baeza_Romero et al., 2022).

1.2 Flüchtige organische Verbindungen in Innenräumen

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) umfassen eine breite Klasse gasförmiger Stoffe mit Bedeutung für die Innenraumluftqualität (Paciência et al., 2016; Tunga Salthammer, 2023; Wolkoff, 1995). Das Spektrum umfasst Tausende von Einzelsubstanzen, die in der Raumluft in unterschiedlichen Konzentrationen vorkommen und eine Vielzahl von gesundheitlichen Auswirkungen haben können. Zu den prominenten Vertretern der VOC gehören das Kanzerogen Formaldehyd, das aus Verbrennung stammende Benzen oder die als Duftstoffe bekannten Terpene. In der Außenluft stammen VOC häufig aus biogenen Quellen, zum Beispiel aus Pflanzenstoffwechsel-, Fäulnis- und Abbauprozessen, aber auch aus anthropogenen Quellen wie dem Kfz-Verkehr oder als flüchtige Nebenprodukte aus industriellen und gewerbemäßigen Vorgängen.

In die Innenraumluft werden größere Mengen an VOC typischerweise aus Lösemitteln für unterschiedlichste Zwecke eingebracht. Sie emittieren aber auch aus Bauprodukten wie Fußboden- und Wandbelägen, Mobiliar und Einrichtungsgegenständen, sowie verstärkt nach Renovierungsarbeiten. Weitere bekannte Emissionsquellen im Innenraum sind Mikroorganismen und der Mensch selbst, als Folge der Körperausdünstungen und seinem Umgang mit Reinigungs-, Pflege- und Kosmetikprodukten. VOC können auch sekundär aus chemischen Reaktionen in der Raumluft entstehen bzw. umgewandelt werden.

Bauprodukte können insofern eine problematische Quelle darstellen, weil sie nach dem Einbau die entsprechenden VOC über lange Zeiträume in die Raumluft emittieren. Daher spielt die Aufklärung der Verbraucher*innen und Beteiligten am Bau bei der Auswahl emissionsarmer Produkte eine wichtige Rolle. Hilfe bei der Prüfung, Kennzeichnung und Auswahl von Bauprodukten wird z.B. durch den Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten geleistet (AgBB, 2023).

Erhöhte VOC-Konzentrationen können Reizungen der Schleimhäute der Atemwege und der Augen sowie Kopfschmerzen zur Folge haben. Geruchsaktive Substanzen aus dem Spektrum der VOC können den Anlass zu Beschwerden der Raumnutzer*innen geben (Cometto-Muñiz et al., 2004; Mølhav et al., 1991). Einige VOC zählen als gesundheitsschädlich erkannte Stoffe zu den Kanzerogenen. Somit tragen Raumluftmessungen von VOC wesentlich zur Überprüfung einer gesunden Innenraumluft bei. Zur objektiven Überprüfung einer Gesundheitsrelevanz der VOC wurden vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) zahlreiche Innenraumrichtwerte für VOC-Einzelsubstanzen und Summenparameter abgeleitet (AIR, 2013; Fromme et al., 2019).

Die umfassende Analyse organischer Verbindungen im Innenraum erfordert in der Regel einen hohen Aufwand. Aus anwendungstechnischen Gründen werden diese Verbindungen daher entsprechend ihrer Flüchtigkeit in folgende Unterklassen eingeteilt (T. Salthammer, 2016; Seifert, 1999):

- ▶ VVOC (*very volatile organic compounds*): sehr flüchtige organische Verbindungen, sie decken grob den Bereich von Molekülen bis C₆ ab. Beispiele sind Alkohole, Lösungsmittel oder abgespaltene Monomere aus Polymeren.
- ▶ VOC (*volatile organic compounds*): flüchtige organische Verbindungen, sie decken methodenbedingt grob den Bereich von Molekülen C₆-C₁₆ ab. Beispiele sind die in dieser Arbeit gemessenen Vertreter der Alkane, Aromaten, Alkohole, Ester, Glykolether, Siloxane und Terpene. „VOC“ wird gleichzeitig auch als allgemeiner Oberbegriff für organische Verbindungen in Luft verwendet.
- ▶ SVOC (*semi volatile organic compounds*): schwerflüchtige organische Verbindungen, zum Beispiel langkettige Aldehyde, Äther, Ester, Phenole, organische Säuren, Ketone, Amine, Amide, Nitroaromaten, Phthalate, PCB. Dies sind Verbindungen, die je nach Umgebungsbedingungen zwischen der Gas- und Partikelphase wechseln.
- ▶ POM (particulate organic matter): partikelgebundene organische Materie

Für jede dieser Klassen gibt es Varianten der Präanalytik, Probenaufbereitung und chemischen Analyse, häufig als Varianten der Gas- oder Flüssigkeitschromatographie mit Massenspektrometern.

Die Gesamtmenge aller VOC wird als TVOC (*total volatile organic compounds*) bezeichnet. Der TVOC-Wert findet als allgemeiner Indikator für die Raumluftqualität Anwendung, z.B. bei der grundsätzlichen Einordnung der Größenordnung einer Luftbelastung mit gasförmigen organischen Stoffen. Für die messtechnische Ermittlung von TVOC gibt es mehrere, voneinander leicht abweichende Definitionen (T. Salthammer, 2022; Seifert, 1999).

VOC werden gelegentlich auch gemäß ihrer Herkunft klassifiziert: Flüchtige organische Verbindungen mikrobiellen Ursprungs werden als MVOC (microbial VOC) bezeichnet, solche generellen biogenen Ursprungs als BVOC (biogenic VOC).

Bei den Aldehyden handelt es sich um eine Untergruppe der Carbonyle, speziell um ungesättigte organische Verbindungen, zu denen sowohl geruchsaktive als auch gesundheitlich bedenkliche

Stoffe gehören. Dem einfachsten Aldehyd, Formaldehyd (Methanal), kommt in der Innenraumlufthygiene wegen seiner krebserzeugenden Wirkung seit langem eine besondere Bedeutung zu. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) kam auf Basis verfügbarer Studiendaten zu dem Schluss, dass eine inhalative Formaldehydexposition beim Menschen Krebs auslösen und zu Tumoren der oberen Atemwege führen kann (BfR, 2006). Auch die EU hat Formaldehyd 2014 als Kanzerogen der Kategorie 1b eingestuft. Formaldehyd findet in vielen Produkten in großem industriellen Maßstab Verwendung. Zu den bekannten, im Innenraum relevanten Quellen zählen Holzwerkstoffe, Fußbodenbeläge, Dämmmaterialien, Farben, Desinfektionsmittel, aber auch Verbrennungsprozesse wie das Tabakrauchen (T. Salthammer et al., 2010). Im Rahmen einer Neubewertung der gesundheitlichen Wirkungen dieses Stoffes hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte einen Richtwert I von $100 \mu\text{g m}^{-3}$ festgelegt (AIR, 2013). Die EU hat mittlerweile eine europäische Verordnung veröffentlicht, die für Holzwerkstoffe und holzbasierte Möbel Grenzwerte für Formaldehyd und Formaldehydabspalter festlegt, die ab 2026 wirksam werden (Brozowski, 2024).

1.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen als Produkt einer unvollständigen Verbrennung. Sie binden stark an Ruß-, Boden- oder Staubpartikel. Der Mensch nimmt sie über das Einatmen von Luft und gelangen über die Lunge auf relativ kurzem Wege in die Blutbahn. Aber auch der Verzehr von gebratener oder gegrillter Nahrung stellt einen relevanten Aufnahmepfad dar. Darüber hinaus können PAK durch Kontakt über die Haut in den Körper gelangen, da sie in einigen Kosmetika oder schwarz gefärbten Kunststoffen, etwa Fahrradgriffe oder Badeschuhe, enthalten sind. Durch ihre hohe Stabilität stellen PAK nicht nur eine direkte Belastung des Menschen dar, sondern können über lange Zeit im Menschen und in der Umwelt nachgewiesen werden (UBA, 2016).

Im Zuge der Industrialisierung und der zunehmenden Verbrennung fossiler Rohstoffe stieg die Belastung des Menschen mit PAK. Aufgrund von Abgasreinigung in der Industrie, der Energieerzeugung, dem Hausbrand und auch beim KfZ-Verkehr¹ sanken die Luftkonzentrationen von PAK wiederum in den letzten Jahrzehnten. Derzeit ist die zunehmende Nutzung von Biomasseverbrennung (Kaminöfen) und die damit einhergehende Freisetzung von Gasen und Feinstäuben in den Innenraum und die Außenluft von Belang.

Nur die leichteren PAK liegen in nennenswertem Umfang gasförmig vor und gelangen direkt mit der Atemluft in die Lunge. Schwerere PAK, ab einem Molekulargewicht von 202 g mol^{-1} liegen aufgrund ihrer hohen Siedetemperatur ($> 375 \text{ °C}$) hauptsächlich partikelgebunden vor. Bei den Partikeln handelt es sich vorrangig um Feinstaub, der tief in die Lunge vordringt und die angelagerten PAK dort freisetzen kann.

Gelangen PAK in den menschlichen Organismus, sind sie nicht gefährlich, ihre akute Toxizität ist gering. Ihre entsprechende Wirkung entfalten sie erst nach der Verstoffwechslung, welche nach der Inhalation in der Lunge und anschließend im gesamten Körper stattfindet. Die orale Aufnahme über den Verdauungstrakt führt hingegen dazu, dass die Verstoffwechslung hauptsächlich über die Leber abläuft.

Um die schädlichen Eigenschaften der verschiedenen PAK einordnen zu können, wird experimentell ein Faktor bestimmt, mit dem man die Kanzerogenität bezüglich Benzo[a]pyren angeben kann (TEF, *toxicological equivalency factor*). Tabelle 1 zeigt einen Überblick über eine

¹ Umweltbundesamt, Benzo(a)pyren im Feinstaub, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/benzoapyren-im-feinstaub>, Zugriff 19.07.2023.

Auswahl an PAK mit ihrer relativen Kanzerogenität auf Basis der Kanzerogenität von Benzo[*a*]pyren.

Tabelle 1: Vergleich der relativen Kanzerogenität einiger PAKs, normiert auf die Kanzerogenität von Benzo[*a*]pyren (Nisbet & LaGoy, 1992).

PAK	Äquivalenzfaktoren
Benzo[<i>a</i>]anthracen	0,1
Benzo[<i>a</i>]pyren	1,0
Benzo[<i>b</i>]fluoranthen	0,1
Benzo[<i>e</i>]pyren	0,01
Benzo[<i>ghi</i>]perylen	0,01
Benzo[<i>k</i>]fluoranthen	0,1
Chrysen	0,01
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracen	1,0
Fluoranthen	0,001
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren	0,1
Pyren	0,001

Um die Gefährlichkeit von PAK-Gemischen zu bewerten, gewichtet man das Vorkommen der einzelnen PAK-Vertreter eines Gemisches mit den entsprechenden Toxizitätsäquivalenten. Aus Tabelle 1 sieht man, dass es einige PAK gibt, die eine ähnlich hohe Kanzerogenität wie Benzo[*a*]pyren haben. Aufgrund seines hohen kanzerogenen Potentials und seiner weiten Verbreitung in der Umwelt ist Benzo[*a*]pyren zu einer Leitsubstanz für die PAK geworden.

1.4 Ultrafeine Partikel

Als ultrafeine Partikel (UFP) beziehungsweise Ultrafeinstaub werden luftgetragene Partikel mit einem Durchmesser zwischen 1 und 100 nm definiert (*ISO/TC 146/SC 2 - Workplace Atmospheres*, 1980). UFP bezeichnen hierbei meist die natürlich entstandenen, bzw. die durch menschliche Aktivitäten unbeabsichtigt in die Atmosphäre gebrachten Partikel. Neben der Bezeichnung UFP existiert auch der Begriff „Nanopartikel.“ Während der Begriff „UFP“ tendenziell die Gesamtheit der in der Atmosphäre gemessenen Partikel < 100 nm beschreibt, stehen „Nanopartikel“ eher für die mittels industriellen Prozessen gezielt hergestellten Partikel mit besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

UFP gehören zur Klasse kurzlebiger Schadstoffe, d.h. ihre Konzentration in der Umwelt kann je nach Messort und Zeitpunkt stark variieren (Kumar et al., 2014). In der Außenluft von Städten werden teils starke zeitliche und räumliche Schwankungen der UFP-Konzentrationen beobachtet, die in Beziehung zur Nähe von Quellen wie Verkehr, aber auch bezüglich der vorherrschenden Wetterlage stehen (Birmili et al., 2015; Costabile et al., 2009). Neben der meteorologischen Dispersion sind bei UFP auch aerosoldynamische Prozesse wie Koagulation zu berücksichtigen, die bei hohen Konzentrationen in der Nähe von Quellen auf einer Skala von Minuten wirksam sein können. UFP sind chemisch nicht zwingend einheitlich, sondern können je nach Quelle und Bildungsprozess eine unterschiedliche Zusammensetzung haben.

Zu den wesentlichen Quellen an UFP in der Außenluft gehören derzeit Verbrennungsmotoren, insbesondere im Straßen- und Flugverkehr; Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand); Energieerzeugungsanlagen wie Kraftwerke (Birmili et al., 2020). Eine weitere Quelle ist die offene Verbrennung von Biomasse, z.B. infolge von Osterfeuern oder Waldbränden. Aus Hochtemperatur-Verbrennungsprozessen entstehen häufig zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten ultrafeiner Partikel: Zum einen thermisch stabile Partikel (Ruß), deren Kern im Wesentlichen aus elementarem Kohlenstoff und deren Hülle aus schwerflüchtigen organischen Verbindungen wie PAK bestehen (Kapitel 1.3). Zum anderen Partikel, die aus dem sich abkühlenden Abgas durch Nukleation entstehen (Kondensat). Auch durch photochemisch induzierte Sekundärprozesse, die in der freien Atmosphäre neue Partikel aus Gasphasenvorläufern erzeugen, tragen zur Entstehung von UFP bei. Ein wichtiger Prozess ist daher die photochemisch induzierte Partikelneubildung, die insbesondere in den Frühlings- und Sommermonaten hohe Konzentrationen an UFP erzeugen (Größ et al., 2018; Ma & Birmili, 2015).

Auch im Innenraum sind zahlreiche relevante Quellen an UFP bekannt. Experimentelle Studien zeigen, dass insbesondere offene Flammen (Kerzen, Ethanolöfen, Kaminöfen, Gasherde) zu hohen Emissionsraten an UFP beitragen (Hellack et al., 2014; Wallace et al., 2019). Aber auch Haushaltsgeräten mit starken Wärmequellen (Toaster, Heizkörper, Herdplatten, Haartrockner) stellen typische UFP-Quellen dar (Hellack et al., 2014; Schripp et al., 2011). Zudem sind Laserdrucker und 3D-Drucker nach dem Schmelzdruckverfahren mögliche UFP-Quellen. Analog zur Atmosphäre sind auch im Innenraum Sekundärbildungsprozesse möglich. Experimentelle Arbeiten beschreiben eine Partikelneubildung aus organischen Vorläuferverbindungen mit Oxidationsmitteln wie Ozon (Waring et al., 2011). Dies ist ein Prozess, bei dem Vorläuferverbindungen aus VOC-Emissionen aus Bauprodukten aber auch aus Reinigungsmitteln und Duftprodukten denkbar sind.

Letztlich zählen zu den atmosphärischen UFP auch die oben genannten, industriell hergestellten Nanopartikel, sofern sie in die Umwelt gelangen.

Aus gesundheitlicher Sicht liegt den UFP die Besonderheit inne, dass sie aufgrund ihrer geringen Größe in die tiefen Verästelungen der Atemwege (Alveolen) gelangen und dort deponiert werden oder die Zellmembranen durchdringen, in die Blutbahn übergehen und letztlich alle Körperorgane inklusive der Leber, der Plazenta und des Gehirns erreichen. Aufgrund ihrer geringen Größe sind UFP in der Lage, die körpereigenen Abwehrmechanismen gegen Stäube (Makrophagen, mukoziliäre Clearance) zu überwinden. Schädliche Wirkungen können sich akut (kurzfristig) oder chronisch (langfristig) einstellen. Mechanismen und Endpunkte der Gesundheitseffekte von UFP werden beispielsweise im HEI Special Report (HEI Review Panel on Ultrafine Particles, 2013) oder den Reviews zu den Gesundheitseffekten von Luftschadstoffen (Ohlwein et al., 2019; Ruckerl et al., 2011) beschrieben. Nach derzeitigem Stand der epidemiologischen Forschung erkennt man beim Menschen Zusammenhänge zwischen der Exposition gegenüber UFP und gesundheitlichen Endpunkten, wobei die Studienlage für UFP inkonsistenter als für massenbezogene PM-Metriken ausfällt und somit bislang keine belastbare Dosis-Wirkungs-Beziehung bekannt ist.

2 Material und Methoden

2.1 Die repräsentative Bevölkerungsstudie GerES V

Die Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit, GerES („German Environmental Survey“, früher „Umwelt-Survey“ genannt) ist eine repräsentative Querschnittstudie zur Schadstoff-Belastung der Bevölkerung in Deutschland (www.umweltbundesamt.de/geres) Seit 1985 führt das Umweltbundesamt regelmäßig Erhebungen durch, um die körperliche Belastung der Bevölkerung durch ausgewählte Schadstoffe zu überprüfen (C. Schulz et al., 2007). Die Chronologie besteht aus GerES I für Erwachsene (1985–1986, Westdeutschland), GerES IIa (1990–1991, Westdeutschland), GerES IIb (1991–1992, Ostdeutschland), GerES III für Erwachsene (1998, Gesamtdeutschland), GerES IV für Kinder (2003–2006, Gesamtdeutschland) sowie dem hier beschriebenen GerES V für Kinder und Jugendliche (2014–2017).

Die Gesamtaktivitäten des UBA innerhalb von GerES V wurden durch das Fachgebiet II 1.2 „Toxikologie, gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung“ koordiniert, was insbesondere die Studienplanung sowie die Entwicklung der Fragebögen für die Probanden betrifft. Ausführliche Informationen zum Studienkonzept von GerES V und den Rahmenbedingungen sind im ersten Ergebnisbericht „Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V), Teil 1: Human-Biomonitoring“ beschrieben (Murawski et al., 2023). In den folgenden Abschnitten ist eine Kurzfassung wiedergegeben.

Ausführliche HBM-Bericht gleich zu Beginn im Abschnitt 2.1 zitieren und sagen, dass die folgenden Informationen im Abschnitt 2.1 eine Kurzfassung der Beschreibung aus dem HBM-Bericht sind. Und wir verweisen für die ausführliche Version natürlich auf den HBM-Bericht.

Die Teilnehmenden von GerES werden im Vorfeld der jeweiligen Studie repräsentativ für die Bevölkerung in Deutschland ausgewählt. Mittels Befragungen, experimenteller Probenahme und Laboranalysen werden umweltbedingte Belastungen erfasst. Aufgrund ihrer statistischen Natur liefern die Daten von GerES repräsentative Ergebnisse zur Schadstoffbelastung der Menschen in Deutschland, sowie Informationen zu möglichen Belastungsquellen, Aufnahmepfaden von Schadstoffen und zu kumulativen Expositionen und Mischexpositionen.

Im Studienzyklus von GerES V wurden von 2014 bis 2017 Daten von ca. 2.300 Haushalten mit Kindern und Jugendlichen im Alter von 3 bis 17 Jahren erfasst. Um eine breitere Datengrundlage für die Teilnehmenden der Studie zu erhalten, wurde GerES V in enger Kooperation mit der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS Welle 2) des Robert-Koch-Instituts (RKI) durchgeführt. Neben den Daten zur Umweltbelastung stehen somit auch Daten zur Gesundheit der Teilnehmenden zur Verfügung. Neben umfangreichen Untersuchungen durch Human-Biomonitoring (HBM) fanden Beprobungen der Innenraumluft, des Hausstaubs, des Trinkwassers sowie Messungen des Lärmpegels im Wohnumfeld der Teilnehmenden statt.

Durch den Einsatz von Fragebögen und Interviews wurden relevante Informationen zu expositionsbezogenen Gewohnheiten und Verhaltensweisen sowie zur Wohnumgebung und Lebenssituation gesammelt. Die Verknüpfung dieser Daten ermöglicht die Untersuchung gruppenspezifischer Belastungsunterschiede und eine Ermittlung spezifischer Belastungsquellen.

Die in GerES V erhobenen aktuellen Daten dienen dem Aufzeigen zeitlicher Trends der Belastungen, der Identifizierung besonders belasteter Gruppen sowie der Evaluierung von Präventions-, Interventions- und Verminderungsstrategien im Rahmen von gesundheits- und

umweltpolitischen Maßnahmen. GerES V folgte den „Leitlinien für Gute Epidemiologische Praxis“ der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi).

2.1.1 Stichprobenziehung

GerES V war als Querschnittstudie aus der Grundgesamtheit der in Deutschland lebenden 3–17-jährigen Kinder und Jugendlichen konzipiert. Alle Teilnehmenden nahmen vorab an KiGGS Welle 2 des RKI teil (Hoffmann et al., 2018). Zur Abbildung der Grundgesamtheit wurde eine zweistufige, geschichtete Zufallsstichprobe aus 167 Untersuchungsorten gezogen, welche die Bevölkerungsstruktur der Bundesrepublik nach Bundesland und Gemeindegröße abbildet.

Das Untersuchungsprogramm von GerES V war unterteilt in ein Basismodul, das alle Teilnehmenden absolvierten, und vier Zusatzmodule, die aus Kosten- und Zeitgründen nur in einer Unterstichprobe durchgeführt werden konnten. Das Basismodul umfasste eine Morgenurinprobe, Trinkwasserproben aus der häuslichen Leitung, eine Schallpegelmessung der Wohnumgebung und die Messung von ultrafeinen Partikeln in der Innenraumluft. Zusätzlich wurde mit den Eltern oder Erziehungsberechtigten der Teilnehmenden ein computergestütztes Interview durchgeführt, mit Befragungsthemen zu Wohnumfeld, Wohnungsnutzung und -ausstattung, Produktanwendungen, Aufenthaltszeiten und -orte, Tierhaltung, Passivrauchbelastung, aktives Rauchen, Zahnstatus, Bekleidung, Ernährungsgewohnheiten, sowie Angaben und Dokumentationen zu den Probenahmen. Die Zuordnung von Teilnehmenden zu den Zusatzmodulen erfolgte zufällig, unter Berücksichtigung der Gesamtdauer des Hausbesuchs und der örtlichen Gegebenheiten.

Die Zahl der zu GerES V eingeladenen Kinder und Jugendlichen betrug 3.031, von denen schließlich 2.294 an der Studie teilnahmen. Einige Module wurden nur für eine Unterstichprobe der Teilnehmenden durchgeführt. Die Hausbesuche fanden im Zeitraum vom 15. Januar 2015 bis 21. Juni 2017 statt. Dabei wurden die 167 Erhebungsstandorte von GerES V in der gleichen Reihenfolge wie in KiGGS Welle 2 aufgesucht, jedoch mit einem zeitlichen Abstand von 2 bis 6 Monaten. Der Hausbesuch der Interviewer dauerte üblicherweise zwischen 90 und 120 Minuten.

Um den Qualität der Feldarbeit und der damit verbundenen Abläufe zu gewährleisten und zu verbessern, wurden verschiedene qualitätssichernde Maßnahmen eingeführt. Diese wurden sowohl vor Beginn der Studie als auch während ihrer Durchführung angewendet. Dazu gehörten die Durchführung einer Pilotstudie, die Schulung der Interviewenden (Haupt- sowie Ersatzinterviewende) sowie regelmäßige Hospitationen bei den Hausbesuchen.

2.1.2 Stichprobenermittlung

Bei GerES V handelt es sich um eine Querschnittstudie, dessen Grundgesamtheit 3- bis 17-jährige Kinder und Jugendliche bilden, die in Deutschland leben. Um die Grundgesamtheit abbilden zu können, wurde durch das RKI eine zweistufige, geschichtete Zufallsstichprobe gezogen. Die erste Stufe stellte die zufällige Stichprobenziehung der 167 Untersuchungsorte dar, welche die Bevölkerungsstruktur nach Bundesland und Gemeindegröße abbilden. Um später vergleichende Aussagen zwischen alten und neuen Bundesländern treffen zu können, wurde ein Oversampling von Gemeinden aus den neuen Bundesländern durchgeführt.

Die zweite Stufe umfasste die Ziehung der Adressen der möglichen Teilnehmenden aus den Registern der Einwohnermeldeämter der 167 Untersuchungsorte. Um die nötige Stichprobengröße von Kindern und Jugendlichen ohne deutsche Staatsangehörigkeit zu erhalten, wurde ein Oversampling dieser Merkmalsgruppe durchgeführt, da hier eine geringere Antwort erwartet wurde (Hoffmann et al., 2018).

Für GerES V wurde aus der Grundgesamtheit vom RKI eine zufällige, randomisierte und repräsentative Stichprobe mit den Ziehungsmerkmalen Lebensalter, Geschlecht, neues/altes Bundesland und Gemeindegrößenklasse gezogen. Diese sogenannte Bruttostichprobe von GerES V umfasste 3.031 Kinder und Jugendliche, von denen schließlich 2.294 an der Studie teilnahmen (Murawski et al., 2023).

Das Untersuchungsprogramm der chemischen Innenraumluft und des Feinstaubmoduls wurden in kleineren Unterstichproben durchgeführt. Um den Anspruch der Repräsentativität für die Belastung mit flüchtigen Innenraumschadstoffen in Haushalten in Deutschland erfüllen zu können, wurde ein zusätzlicher Gewichtungsfaktor berücksichtigt. Da dieser Anspruch beim Feinstaubmodul nicht gegeben ist, wurde für dieses Modul kein spezifischer Gewichtungsvariable berücksichtigt.

2.1.3 Gewichtung der Messdaten

Zwischen der realisierten Stichprobe und der Grundgesamtheit traten aufgrund von Oversampling Abweichungen in der proportionalen Verteilung der Ziehungsmerkmale auf. Daher wurden die einzelnen Messdaten so gewichtet, dass die Mittelwerte als repräsentativ für die Grundgesamtheit angenommen werden. Die Gewichtungsvariablen wurde vom RKI auf Basis der Bevölkerungsdaten des Statistischen Bundesamts (Stichtag 31.12.2015) berechnet (Hoffmann et al., 2018). Da der Stichprobenumfang der einzelnen Untersuchungsmodule, unterschiedlich groß ist, wurden modulspezifische Gewichtungsvariablen berechnet.

2.1.4 VOC und Aldehyde im Innenraum

Um die gewünschte Stichprobengröße von 668 Teilnehmenden zu erzielen, wurden aus jedem der 167 Untersuchungsorte aus jeder Altersgruppe (3–5 Jahre, 6–10 Jahre, 11–13 Jahre sowie 14–17 Jahre) eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer gezogen. Zur Teilnahme am VOC-Modul mussten folgende Kriterien erfüllt sein: mindestens 1 Bewohner des Haushaltes musste für mindestens 5 der 7 Tage (Sammeldauer) anwesend und in der Lage sein, die Messung selbstständig zu beenden. Darüber hinaus durften während der Sammeldauer keine Renovierungsarbeiten geplant sein. Gültige analytische Daten konnten letztlich für 615 Teilnehmende erzeugt werden.

Die Probenahme fand in dem Raum statt, in dem sich das Kind während der 24 Stunden eines Tages typischerweise am längsten aufhält, in der Regel dem Kinderzimmer. Die Probenahme wurde über eine Dauer von 7 Tagen mittels zweier Arten von Passivsammelsystemen durchgeführt. Die erste Methode benutzt PerkinElmer-Röhrchen mit Tenax TA® zur Erfassung von ca. 61 VOC-Einzelsubstanzen über einen weiten Molekularbereich von ca. C₄ bis C₁₆. Die zweite Methode bedient sich dem UME^x 100-Sammler, um die Konzentrationen von 14 aliphatischen Aldehyden, darunter Formaldehyd, zu bestimmen. Alle analytischen Arbeiten wurden durch die Labore des Fachgebiets II 1.3 „Innenraumhygiene, gesundheitsbezogene Umweltbelastungen“ durchgeführt.

Die aus der einwöchigen Passivsammlung ermittelten Stoffkonzentrationen spiegeln die normalen Nutzungsbedingungen im Haushalt wider. Dies betrifft sowohl das übliche Verhalten der Teilnehmenden wie auch Art und Häufigkeit der Lüftung. Um mögliche Einflussfaktoren zu ermitteln, wurden die Ausstattung des Probenahmeraums und luftqualitätsrelevante Aktivitäten während der Probenahmedauer in einem standardisierten Fragebogen erhoben.

2.1.5 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM_{2,5}

Die PAK-Untersuchung im Feinstaub PM_{2,5} fand im Rahmen eines Zusatzmoduls von GerES V in den Bundesländern Berlin und Brandenburg statt. Bei 77 Teilnehmenden wurde Feinstaub PM_{2,5} gesammelt und auf PAK untersucht. Die Repräsentativität der Daten dieses Zusatzmoduls ist aufgrund der geringeren Stichprobe und der geringeren räumlichen Abdeckung als geringer einzuschätzen als für die VOC- und Aldehyd-Probenahme.

Die Probenahme erfolgte stets über 7 Tage sowohl im Innen- als auch Außenbereich der Wohnung und beschreibt die mittlere Belastung über den jeweiligen Zeitraum. Die Teilnehmenden wurden befragt, inwieweit während des Probenahmezeitraums Innenraumaktivitäten wie der Betrieb eines Kaminofens oder das Abbrennen von Kerzen erfolgten. Ebenso wurde die Nähe der Wohnung zu angrenzenden Straßen als Feinstaubquelle erfragt. Die Probenahme und gravimetrische Analyse wurde durch die Labore des Fachgebiets II 1.3 „Innenraumhygiene, gesundheitsbezogene Umweltbelastungen“ durchgeführt, die chemische Analyse durch das Bremer Umweltinstitut – Gesellschaft für Schadstoffanalytik und Begutachtung mbH.

2.1.6 Partikelanzahl im Innenraum

In den Innenräumen von insgesamt 2172 über Deutschland verteilten Haushalten wurde die Partikelanzahlkonzentration stichprobenartig in Form einstündiger Messungen bestimmt. Mittels Kondensationspartikelzähler wurde durch die Interviewenden der zeitliche Verlauf der Partikelanzahlkonzentration im vom Kind am meisten genutzten Raum (in der Regel das Kinderzimmer) über eine Stunde erfasst. Während der Messung blieb der Raum verschlossen und ungenutzt.

2.2 Chemisch-analytische Methoden

2.2.1 VOC: Bestimmung der chemischen Innenraumlftverunreinigungen

Die Bestimmung der VOC erfolgte mittels Thermodesorptionsröhrchen (Abbildung 1), sogenannter PE-Sammler (PerkinElmer Germany GmbH, Rodgau) mit Tenax TA® als eingesetztes Adsorbens. Mit diesem Sammlertyp lassen sich flüchtige organische Innenraumlftverunreinigungen über eine passive Sammelmethode erfassen, wobei sich die zu untersuchenden Substanzen diffusionsbasiert an dem Adsorbens anreichern. Die röhrchenförmigen PE-Sammler bestehen aus Edelstahl, sind etwa zigarettengroß (Durchmesser 6,4 mm, Länge 89 mm) und tragen an den Enden aufgeschraubte Verschlusskappen aus Messing. Während der Probenahme diffundieren die organischen Luftinhaltsstoffe über eine definierte Diffusionsstrecke in dem PE-Sammler zum Adsorbens. Die Analyten werden physikalisch auf dem Tenax-TA® adsorbiert und im Labor durch Erhitzen unverändert thermisch desorbiert.

Abbildung 1: Thermodesorptionsröhrchen für die VOC-Probenahme, sogenannter PE-Sammler mit Tenax TA®.



Quelle: eigene Darstellung, UBA.

2.2.1.1 VOC: Probenvorbereitung und Probenahme

Die verwendeten PE-Sammler und Diffusionsköpfe sind wiederverwendbar. Neue PE-Sammler und solche, die längere Zeit nicht benutzt wurden, wurden einem analytischen Lauf unterzogen um sicherzustellen, dass sie sauber sind. Saubere PE-Sammler, wurden vor einer erneuten Probenahme noch einmal konditioniert und vor jeder Probenahme mit Internen Standards (Cyclooctan und Cyclododekan) dotiert.

Zu Beginn einer passiven Probenahme, wurde die obere Verschlusskappe abgenommen und durch einen Diffusionskopf ersetzt. Die PE-Sammler wurden möglichst mittig im Raum an zentraler Stelle über Kopfhöhe aufgehängt, wobei in unmittelbarer Nähe des PE-Sammlers sich über die Dauer der Probenahmezeit von 7 Tagen keine ständigen Quellen für Innenraumluftverunreinigungen, wie Polituren, Reiniger, frisch gestrichene, lackierte oder geklebte Flächen o.ä., befinden durften.

Um potenzielle Kontaminationen während Transport und Lagerung der Proben zu erkennen, wurden zur Qualitätsüberwachung zusätzlich bei einem Viertel der GerES-Teilnehmenden Feldblind- und Doppelproben mitgeführt. Die Feldblindproben wurden wie reguläre Proben behandelt – mit dem einzigen Unterschied, dass sie sofort nach dem Öffnen wieder verschlossen wurden und somit die Probenahmezeit null Tage betrug. Die individuellen Blindwerte der PE-Sammler wurden durch eine sich direkt an die Messung anschließende Zweitdesorption bestimmt und wurden im Rahmen der Quantifizierung berücksichtigt.

2.2.1.2 VOC: Analyse und Auswertung

Die gesammelten VOC wurden direkt vom PE Sammler thermisch desorbiert und gaschromatographisch aufgetrennt. Die Analysen erfolgten mittels TDS-GC/MS (Thermodesorption gekoppelt mit Gaschromatographie und Massenspektrometrie) auf einer schwach polaren Trennsäule entsprechend DIN 16000-6 mit gegebenen Methodenparametern:

Parameter der TDS-GC/MS-Messmethode

- ▶ Probenaufgabe im Splitless-Modus über Thermodesorber ATD 650 (PerkinElmer, Waltham, USA)
- ▶ Agilent 7890B GC, Agilent 5977B MSD (Agilent Technologies, Santa Clara, USA)

- ▶ Trägergas Helium
- ▶ Thermodesorption: 280 °C, 20 min, 35 mL min⁻¹, Helium
- ▶ 60 m Kapillartrennsäule mit 5 % Diphenyl-/ 95 % Dimethyl Polysiloxan (Rxi-5ms, Restek GmbH, Bad Homburg)
- ▶ Temperaturrampe im Ofen von 40 °C (5 min) bis 280 °C (6 °C min⁻¹, 15 min halten)
- ▶ Gerätesteuerung: PerkinElmer TurboMatrix, Agilent MassHunter B.07.00
- ▶ Datenaufnahme/Integration: Agilent MassHunter B.08.00

Eine eindeutige qualitative Zuordnung der 61 kalibrierten flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte anhand ihrer Retentionszeiten, der Fragmentmassen ihrer Ionen und deren Verhältnisse im angeschlossenen Labordatensystem. Der Analyt musste anhand der Retentionszeit (Abweichung < 2 %) und der Quantifier sowie Qualifier I und Qualifier II korrekt identifiziert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen quantifiziert werden. Mittels der Software Agilent MassHunter wurden aus den Chromatogrammen und Massenspektren 61 Zielverbindungen quantifiziert. Die quantitative Bestimmung der Analytkonzentration c_{VOC} erfolgte über die internen Standards entsprechend

$$c_{\text{VOC}} = \frac{m_{\text{Kal}} \cdot Rsp_{\text{VOC}} \cdot Rsp_{\text{ISTD/Kal}}}{Rsp_{\text{Kal}} \cdot Rsp_{\text{ISTD/P}} \cdot V_{\text{VOC}} \cdot 10^3} \cdot \frac{7 \text{ d}}{t_{\text{Exp}}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

mit c_{VOC}	Massenkonzentration des zu untersuchenden Analyten in der Probe, in $\mu\text{g m}^{-3}$
m_{Kal}	Konzentration des zu untersuchenden Analyten in der Kalibration, in μg
Rsp_{VOC}	Fläche des zu untersuchenden Analyten in der Probe, in FE
$Rsp_{\text{ISTD/Kal}}$	Fläche des jeweiligen ISTD in der Kalibration, in FE
Rsp_{Kal}	Fläche des zu untersuchenden Analyten in der Kalibration, in FE
$Rsp_{\text{ISTD/P}}$	Fläche des jeweiligen ISTD in der Probe, in FE
V_{VOC}	Probenahmevolumen bzw. Aufnahmezeit für 7 d, in L
t_{Exp}	tatsächliche Expositionsdauer der Probe, in d.

Die Quantifizierung der TVOC-Konzentration c_{TVOC} erfolgte entsprechend DIN ISO 16000-6 im Retentionsbereich von *n*-Hexan (C₆) bis *n*-Hexadecan (C₁₆) aus der FID-Spur als Toluoläquivalent nach

$$c_{\text{TVOC}} = \frac{m_{\text{Kal}} \cdot Rsp_{\Sigma \text{C}_6 \dots \text{C}_{16}} \cdot Rsp_{\text{ISTD/Kal}}}{Rsp_{\text{Kal}} \cdot Rsp_{\text{ISTD/P}} \cdot V_{\text{Toluol}}} \cdot \frac{7 \text{ d}}{t_{\text{Exp}}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

mit c_{TVOC}	Massenkonzentration des TVOC-Summenwertes in der Probe, in $\mu\text{g m}^{-3}$
m_{Kal}	Masse von Toluol in der Kalibration, in μg
$Rsp_{\Sigma \text{C}_6 \dots \text{C}_{16}}$	Fläche sämtlicher Verbindungen von C ₆ ...C ₁₆ in der Probe, in FE
$Rsp_{\text{ISTD/Kal}}$	Fläche des jeweiligen ISTD in der Kalibration, in FE
Rsp_{Kal}	Fläche von Toluol in der Kalibration, in FE
$Rsp_{\text{ISTD/P}}$	Fläche des jeweiligen ISTD in der Probe, in FE

V_{Toluol}	Probenahmevolumen bzw. Aufnahme­rate für 7 d, in L
t_{Exp}	tatsächliche Expositionsdauer der Probe, in d.

Angaben zur Retentionszeit und Fragmentierung lassen sich Tabelle A 1 entnehmen.

Bis zur Analyse wurden die PE-Röhrchen unter Reinstluft gelagert. Nach der Analyse erfolgte keine weitere Lagerung der Proben, da keine Restproben anfallen.

2.2.1.3 VOC: Qualitätssicherung

Die regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) ermöglichte eine qualitative Einordnung der Ergebnisse. Aus den vorliegenden Ergebnissen der bisherigen Ringversuchsteilnahmen ergibt sich eine mittlere Abweichung der Passivsammlerwerte von den vorgegebenen Konzentrationen über dem gesamten Konzentrationsbereich je nach Verbindung auf 10 bis 30 %.

Als Konsequenz der Unsicherheiten der zur Verfügung stehen Aufnahme­raten der untersuchten VOC wurden diese in dem Ressortforschungsplan (ReFo-Plan 2019, FKZ 3719 61 210 0, Titel „Bestimmung der Aufnahme­raten von VOCs aus Raumluft in Passivprobenahmesystemen“) experimentell bestimmt und messtechnisch validiert.

2.2.2 Aldehyde: Bestimmung der chemischen Innenraumluftverunreinigungen

Die Erfassung der Aldehyde erfolgte mittels des Passivsammlertypes UME^x 100 (SKC Ltd., Blandford Forum, UK, Abbildung 2). Mit diesem Sammlertypus können speziell flüchtige organische Innenraumluftverunreinigungen, die der Substanzklasse der Carbonylverbindungen (Aldehyde und Ketone) zugehörig sind, passiv erfasst werden.

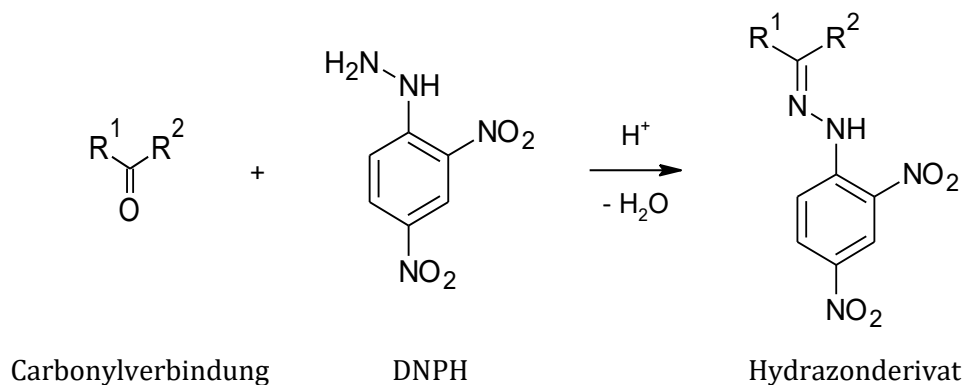
Abbildung 2: Die für die Probenahme der Aldehyde verwendeten UME^x 100-Sammler.



Quelle: eigene Darstellung, UBA

Hierbei reichern sich die Substanzen diffusionsbasiert an dem Adsorbens, einem mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) imprägniertem Filterpapier, an, womit diese in die korrespondierenden Hydrazondrivat überführt und chemisch gebunden werden (Abbildung 3). Die derivatisierten Analyten können im Labor nach Desorption mittels Acetonitril flüssigchromatographisch bestimmt werden.

Abbildung 3: Derivatisierung von Carbonylverbindungen mittels 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) zu den korrespondierenden Hydrazonderivaten unter Wasserabspaltung.



R₁ und R₂ beliebige organische Reste oder Protonen.

Quelle: eigene Darstellung, UBA

2.2.2.1 Aldehyde: Probenvorbereitung und Probenahme

Zur Minimierung von Blindwerten wurden die UME^x 100-Sammler vor und nach der Probenahme bis zur Analyse im Tiefkühlschrank bei -18 °C aufbewahrt, ebenso aufgearbeitete Eluate für eventuelle Nachmessungen.

Die Probenahme beginnt damit, dass die perforierte Diffusionsplatte des rechteckigen UME^x 100-Sammlers von außen durch einen Schieber geöffnet wird. Nach sieben Tagen Probenahmezeit wird der UME^x 100-Sammler verschlossen und an das Labor des UBA geschickt. Grundsätzlich wurden zu sämtlichen UME^x 100-Sammlern Feldblindproben genommen. Die Feldblindproben wurden wie reguläre Proben behandelt – mit dem Unterschied, dass sie sofort nach dem Öffnen wieder verschlossen wurden und somit die Probenahmezeit null Tage betrug. Im Falle von Doppelproben wurden die UME^x 100-Sammler nicht direkt nebeneinander installiert, sodass es vor den Diffusionsplatten der UME^x 100-Sammler eine Verarmung an Analyten ausgeschlossen werden konnte.

2.2.2.2 Aldehyde: Analyse und Auswertung

Das beprobte DNPH-Papier wird mit der Pinzette entnommen und in einen Maßkolben überführt. Der Maßkolben wird mit 5 mL zur Markierung mit Acetonitril aufgefüllt und 1 Minute geschüttelt. Anschließend wird ein Aliquot von 1 mL in ein beschriftetes Vial überführt und mittels LC-MS/MS vermessen. Die Analysen erfolgten auf einer C₁₈-Phase mit gegebenen Methodenparametern:

Parameter der LC-MS/MS-Messmethode

- ▶ High Performance Liquid Chromatography (Infinity 1290 LC system, Agilent Technologies, Santa Clara (CA), USA) gekoppelt mit Triple Quadrupole MS/MS (API 4000, AB Sciex LLC, Framingham (MA), USA)
- ▶ Trennsäule Kinetex 2.6 u C18 50 x 2,10 mm mit 100 Å Porengröße (Phenomenex Ltd., Torrance (CA), USA)
- ▶ Gradientenmethode mit Laufmittel Wasser / Acetonitril, jeweils + 0,1 % Ameisensäure
- ▶ Temperatur Säulenofen 30 °C

- ▶ Injektionsvolumen 1 μL
- ▶ Flussrate 0,5 mL min^{-1}
- ▶ Qualifizierung und Quantifizierung der Aldehyde als DNPH-Derivate anhand der Massenfragmentübergänge im Multiple Reaction Monitoring-Modus (MRM)

Eine eindeutige qualitative Zuordnung der 14 kalibrierten Aldehyde erfolgte anhand ihrer Retentionszeiten und ihrer spezifischen MRM-Massenfragmentübergänge der Ionen im angeschlossenen Labordatensystem. Der Analyt musste anhand der Retentionszeit (Abweichung < 2 %) und der aufgenommenen MRM-Massenfragmentübergänge korrekt identifiziert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen quantifiziert werden. Die Angaben zur Retentionszeit und der MRM-Massenfragmentübergänge lassen sich Tabelle A 2 entnehmen.

Die quantitative Bestimmung der Carbonylkonzentration c_{Carb} in $\mu\text{g m}^{-3}$ erfolgte entsprechend

$$c_{\text{Carb}} = \frac{(c_{\text{P}} - c_{\text{BW}}) \cdot V_{\text{LM}}}{V_{\text{P}}} \cdot \frac{7 \text{ d}}{t_{\text{Exp}}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

mit c_{Carb}	Massenkonzentration des zu untersuchenden Carbonyls in der Probe, in $\mu\text{g m}^{-3}$
c_{P}	berechnete Carbonylbeladung der Probe, in $\mu\text{g mL}^{-1}$
c_{BW}	berechnete Carbonylbeladung des Blindwertes, in $\mu\text{g mL}^{-1}$
V_{LM}	Extraktionsvolumen des DNPH-Papiers, in mL
V_{P}	Probenahmevervolumen bzw. Aufnahmezeit für 7 d, in L
t_{Exp}	tatsächliche Expositionsdauer der Probe, in d.

Als Aufnahmezeiten wurden die vom Hersteller empfohlenen Werte verwendet (SKC, 2024). Die verwendeten Aufnahmezeiten sind im Anhang in Tabelle A 2 dokumentiert.

2.2.2.3 Aldehyde: Qualitätssicherung

Die Qualität der Aldehydmessungen wurde durch verschiedene Maßnahmen gesichert:

1. Ringversuche des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV, Sankt Augustin (Nürnberger et al., 2018). Im vorliegenden Fall wurden die vom Veranstalter in einer Prüfgasatmosphäre aktiv beprobten und zur Verfügung gestellten Kartuschen analysiert (keine eigene Probenahme). Damit konnte die Qualität der analytischen Laborarbeiten für die Substanzen Formaldehyd, *n*-Butanal, *n*-Propanal und Acetaldehyd bestätigt werden.
2. Zusätzlich wurde die Methode der Passivprobenahme durch eine Vergleichsmessung zwischen Aktiv- und Passivprobenahme für eine nur wenig schwankende Prüfgasatmosphäre abgesichert. Entsprechende Messungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI, Braunschweig, realisiert (Birmili et al., 2022), Abschnitte 2.2 und 3.1 und Supporting Material). Das Verhältnis zwischen den mittlern passiver bzw. aktiver Probenahme bestimmten Konzentrationen war 1,00 ($\pm 0,02$) für Formaldehyd, 1,16 ($\pm 0,04$) für *n*-Hexanal, 0,86 ($\pm 0,03$) für *n*-Pentanal, 0,75 ($\pm 0,02$) für *n*-Propanal, sowie 0,70 ($\pm 0,04$) für *n*-Butanal. Für Acetaldehyd wurde mit 0,38 ($\pm 0,02$) eine stärkere Abweichung festgestellt, die bislang nicht erklärbar ist.

Auf Basis der Qualitätssicherungsmaßnahmen ergeben sich für die abgeleiteten Konzentrationen der Aldehyde experimentell bedingte Unsicherheiten bis zu einer Größenordnung von 30 %, für die Einzelsubstanz Acetaldehyd auch mehr. Die Passivsammler erweisen sich als gut nutzbare Methode zur Konzentrationsbestimmung in Raumluft, wenngleich weitere Validierungsexperimente benötigt werden, um die Unsicherheiten bezüglich der Aufnahmezeiten weiter zu verringern.

Als Konsequenz der Unsicherheiten der zur Verfügung stehen Aufnahmezeiten der Carbonylverbindungen werden diese in einem kommenden Ressortforschungsplan (ReFo-Plan 2023, FKZ 3723 62 205 0, Titel „Bestimmung der Aufnahmezeiten von Carbonylen und VVOCs aus Raumluft in Passivprobenahmesystemen“) experimentell bestimmt und messtechnisch validiert.

2.2.3 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$

Die PAK-Untersuchung im Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$ fand im Rahmen eines Zusatzmoduls von GerES V in den Bundesländern Berlin und Brandenburg statt. Bei 77 Teilnehmenden wurde Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$ gesammelt und auf PAK untersucht. Die Probenahme erfolgte stets über 7 Tage sowohl im

Innen- als auch Außenbereich der Wohnung und beschreibt die mittlere Belastung über den jeweiligen Zeitraum. Die Probenahme erfolgte mittels Mini-VS-Sammlern (Sven Leckel GmbH, Berlin) mit PM_{2,5}-Vorabscheider bei einem Gesamtluftvolumen von ca. 33,5 m³ je Probe. Als Substrat dienten Quarzfaserverfilter. Die mittlere Feinstaubkonzentration PM_{2,5} wurde gravimetrisch in Anlehnung an DIN EN 12341 (2014) ermittelt. Die Quarzfaserverfilter wurden vor und nach der Beprobung in einer Klimakammer bei 20 ± 1 °C und 47,5 ± 2,5 % relativer Luftfeuchte gewogen. Die mittlere Partikelmassenkonzentration wurde schließlich als Quotient zwischen der beobachteten Massendifferenz und dem durchströmten Probevolumen berechnet.

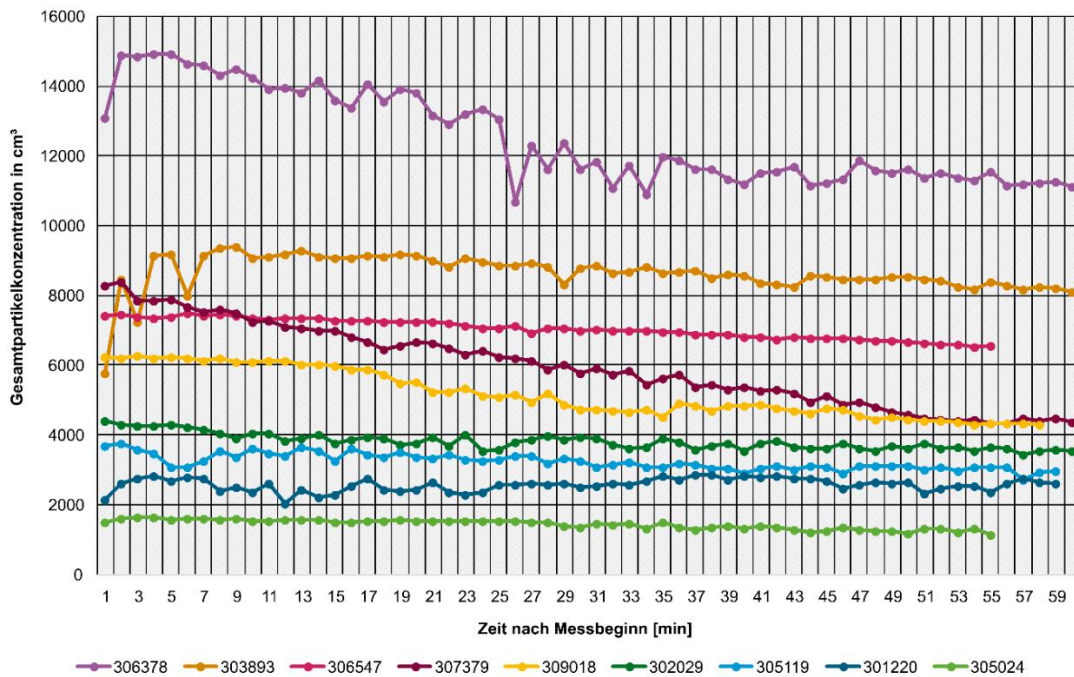
Die Aufarbeitung der belegten Filter bezüglich PAK erfolgte in Anlehnung an DIN ISO 12884:2000-12 durch Soxhlet-Extraktion mit Toluol unter Zugabe von deuterierten Bezugsstandards (Naphthalin-d₈, Chrysen-d₁₂, Anthracen-d₁₀, Perylen-d₁₂) vor der Extraktion. Die Extrakte wurden eingeeengt, auf 2 mL aufgefüllt und anteilig der Messung am GC/MS zugeführt. Ein Teilextrakt wurde unter Verwendung eines Gemisches von Toluol und *n*-Hexan (35:65) über Minikieselgelsäulen aufgereinigt. Der daraus erhaltene Extrakt wurde auf ein Volumen von ca. 1 mL eingeeengt, das Volumen erneut gravimetrisch bestimmt und auch diese Probe zur Messung mittels GC/MS gegeben. Mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie (GC/MS) und interner isotoopenmarkierter Standards wurde eine Gesamtzahl an 12 PAKs quantifiziert.

2.2.4 Ultrafeine Partikel (UFP) im Innenraum

In den Innenräumen von insgesamt 2172 über Deutschland verteilten Haushalten wurde die Partikelanzahlkonzentration in Form einstündiger Messungen bestimmt. Mittels Kondensationspartikelzähler (CPC Typ 3007, TSI GmbH, Aachen) wurde im vom Kind am meisten genutzten Raum (in der Regel das Kinderzimmer) der zeitliche Verlauf der Partikelanzahlkonzentration über eine Stunde erfasst. Während der Messung blieb der Raum verschlossen und ungenutzt. Abbildung 4 zeigt exemplarische Verläufe in Minutenauflösung. Man sieht in einigen Fällen konstante Verläufe, in anderen wiederum eine Abnahme der Konzentration. Für die Auswertung wurden die gemittelten Konzentrationswerte der Messdauer Minute 46 bis 55 nach Messbeginn verwendet, weil dieser als beste Näherung für den Gleichgewichtszustand der Konzentration im Raum betrachtet wird.

Mit Kondensationspartikelzählern (CPC) können Partikel über einen weiten Messbereich bezüglich des Partikeldurchmessers erfasst werden. Der exakte Messbereich hängt davon ab, welche kleinste Partikel in einem CPC noch zu Kondensationswachstum angeregt werden können. Der im Projekt verwendete CPC hat eine Detektionsschwelle von 10 nm. Ein CPC zählt jedoch auch Partikel > 100 nm, die streng genommen nicht zu den UFP gehören, im Zählsignal mit. Die Analyse eines größen aufgelösten Datensatzes in einem Forschungsprojekt des TROPOS Leipzig zeigte, dass für typische Bedingungen in Deutschland UFP (10–100 nm) und Gesamtpartikelanzahl (10–5000 nm) in enger Korrelation stehen ($R^2 = 0,99$) (Birmili et al., 2020). Der relative Anteil ultrafeiner Partikel ($D_p < 100$ nm) an der Gesamtpartikelanzahl im Innenraum betrug etwa 90 % (Birmili et al., 2020). Insofern rechtfertigen wir die Partikelanzahlmessung mit dem CPC als Stellvertretermessung für UFP.

Abbildung 4: Änderung der mit einem CPC gemessenen Partikelanzahlkonzentration während der einstündigen Probenahme für neun zufällig ausgewählte Fälle, mit Proben-ID.



Quelle: eigene Darstellung, UBA

2.3 Vergleich mit Innenraumrichtwerten

Eine Bewertung der Innenraumluft aus gesundheitlicher Perspektive erfordert die Berücksichtigung toxikologischer und epidemiologischer Erkenntnisse. Im Bereich der Toxikologie setzt der Ausschuss für Innenraumwerte (AIR)² Richtwerte, hygienische Leitwerte sowie risikobezogene Leitwerte fest (AIR, 2013). Diese sind für die Bedingungen einer lebenslangen Exposition im Innenraumbereich abgeleitet. Für eine Vielzahl von VOC und Aldehyden hat der AIR insbesondere zwei Richtwerte abgeleitet:

Richtwert I (RW I – Vorsorgerichtwert): Der Wert beschreibt die Konzentration eines Schadstoffes in der Innenraumluft, bei deren Einhaltung oder Unterschreitung nach aktuellem Forschungsstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist. Bei einer Überschreitung des RW I sind aus Vorsorgegründen mittelfristige Maßnahmen zur Minimierung der Schadstoffkonzentration zu ergreifen. In diesem Kontext kann der RW I als Zielwert bei einer Sanierung herangezogen werden.

Richtwert II (RW II – Gefahrenrichtwert): Dieser Richtwert stellt einen wirkungsbezogenen Wert dar, welcher auf den aktuellen toxikologischen und epidemiologischen Erkenntnissen zur Wirkungsschwelle eines Schadstoffes basiert. Der Wert gibt die Konzentration eines Schadstoffes in der Innenraumluft an, bei deren Erreichen oder Überschreiten umgehend Maßnahmen zu ergreifen sind. Bei einer dauerhaften Überschreitung dieser Konzentration sind gesundheitliche Effekte beim Menschen möglich. Der Richtwert II ist auch in Relation zu den Bauordnungen der Länder zu setzen, in denen es heißt: „Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, dass Gefahren durch chemische, physikalische oder biologische Einflüsse nicht entstehen.“

² Ausschuss für Innenraumrichtwerte: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheits/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte>, Zugriff am 6. September 2024.

Für Schadstoffe und Summenparameter, für die ein Richtwert vorlag, wurden die in der Studie gemessenen Konzentrationen mit dem RW I verglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Flüchtige organische Verbindungen: VOC

3.1.1 Überblick: VOC

Die untersuchten VOC lassen sich in verschiedene Stoffgruppen einteilen, die nachfolgend in Tabelle 2 beschrieben werden. Genannt werden der strukturelle Aufbau der Stoffgruppe und typische Emissionsquellen, wobei die Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Tabelle 2: Typische Emissionsquellen der VOC nach Stoffgruppen.

Stoffgruppe	Beschreibung	Typische Emissionsquellen
Alkane	aliphatische Kohlenwasserstoffe	Erdgas, Erdöl, Kleber, Lacke
Aromaten	aromatische Kohlenwasserstoffe	Lösemittelbestandteile in Farben, Lacken und Klebstoffen; Kfz-Emissionen; Bestandteil von Tabakrauch
Alkohole	sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	durch Renovierungsarbeiten
Carbonsäureester	sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	durch Renovierungsarbeiten
Glykolether	sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	Substitutionsprodukte konventioneller Lösemittel
Siloxane	organische Siliziumverbindungen	Kosmetika, Reinigungsmittel
Terpene	organische Kohlenwasserstoffe mit Isoprengrundgerüst	Harz bestimmter Hölzer (u.a. Kiefer, Fichte, Pinie); Lösemittel

3.1.2 Statistik der Stoffkonzentrationen: VOC

Alkane

Die statistisch ermittelten Stoffkonzentrationen der Alkane sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Für die meisten Verbindungen liegen für GerES V etwa 300 Messungen vor.

Von den untersuchten Alkanen konnte *n*-Undecan als häufigste Einzelsubstanz in 77 % der Haushalte bestimmt werden, gefolgt von *n*-Tetradecan (74 %) und *n*-Decan (70 %). Dagegen konnten *n*-Octadecan nur in 3 % und *n*-Hexan in 6 % der Haushalte über der Bestimmungsgrenze bestimmt werden.

Die höchsten Konzentrationen konnten sowohl im Mittel für *n*-Undecan ($1,4 \mu\text{g m}^{-3}$) und *n*-Heptan ($1,3 \mu\text{g m}^{-3}$) bestimmt werden, als auch bei den Maximalwerten (*n*-Undecan mit $230 \mu\text{g m}^{-3}$ und $150 \mu\text{g m}^{-3}$ für *n*-Heptan), wobei auch der Maximalwert für *n*-Octadecan in diesem Bereich zu finden war.

Tabelle 3: Alkane in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

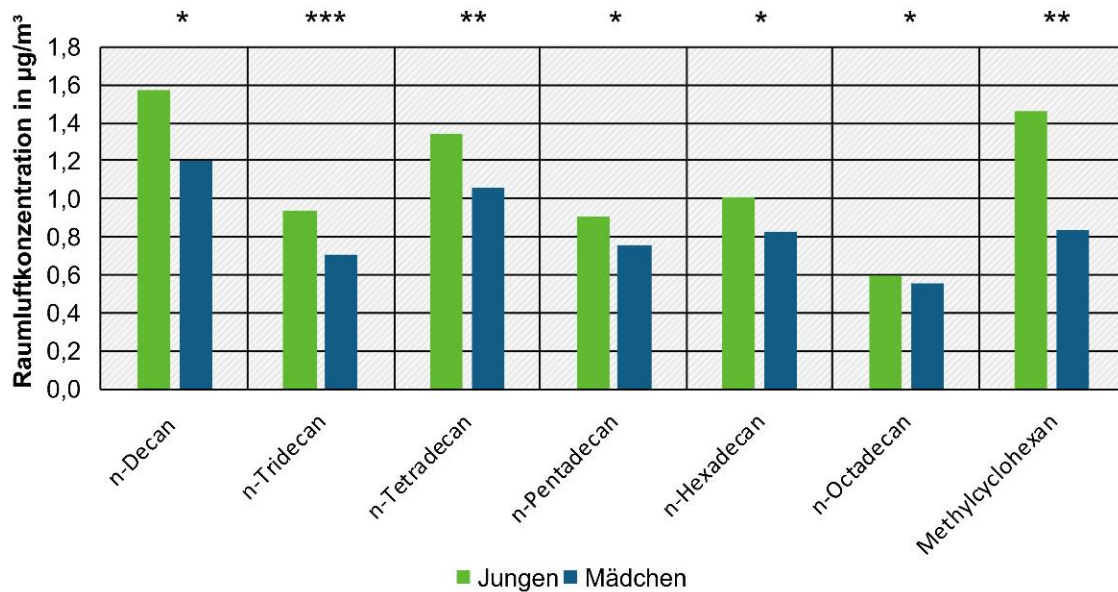
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Alkane: Substanz	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
<i>n</i> -Hexan	54	51	6	< BG	< BG	< BG	3,4	24	< BG	< BG
<i>n</i> -Heptan	303	139	54	< BG	1,3	5,6	14	150	3,612	1,630
<i>n</i> -Octan	303	177	41	< BG	< BG	3,4	5,1	55	1,861	1,125
<i>n</i> -Nonan	303	159	48	< BG	< BG	5,3	7,9	85	2,187	1,246
<i>n</i> -Decan	302	90	70	< BG	1,1	4,8	11	93	3,060	1,370
<i>n</i> -Undecan	302	70	77	< BG	1,4	6,1	12	230	3,606	1,546
<i>n</i> -Dodecan	302	110	63	< BG	1,0	4,8	6,4	33	2,084	1,201
<i>n</i> -Tridecan	302	141	53	< BG	< BG	2,1	2,8	32	1,171	0,815
<i>n</i> -Tetradecan	302	78	74	< BG	1,1	2,9	3,8	18	1,584	1,191
<i>n</i> -Pentadecan	302	133	56	< BG	0,8	1,9	2,7	5,0	1,033	0,829
<i>n</i> -Hexadecan	302	110	64	< BG	0,9	2,0	2,7	76	1,543	0,913
<i>n</i> -Heptadecan	302	266	12	< BG	< BG	0,9	1,0	85	0,814	< BG
<i>n</i> -Octadecan	302	294	3	< BG	< BG	< BG	< BG	150	0,885	< BG
Cyclohexan	112	61	45	< BG	< BG	3,2	6,2	33	1,419	0,797
Methylcyclohexan	176	96	45	< BG	< BG	7,9	17	64	3,255	1,064

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel.

Bei 7 der 15 bestimmten Alkane wurden signifikante Unterschiede zwischen Unterstichproben beobachtet (Abbildung 5). Bei diesen Substanzen lagen die Konzentrationen in den Räumen der Jungen höher als in denen der Mädchen.

Abbildung 5: Unterschiede der gemessenen Alkan-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht der Teilnehmenden.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$ und * $p \leq 0,05$

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Alkohole

Die statistisch ermittelten Kennwerte der Verteilung der Stoffkonzentrationen der Alkohole sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Je nach Substanz liegen 333, 594 oder 615 Messungen vor.

Von den Alkoholen konnte 2-Ethylhexanol als häufigste Einzelsubstanz in 97 % der Haushalte bestimmt werden. Dagegen konnten Phenol nur in 65 % und *iso*-Butanol in 54 % der Haushalte über der Bestimmungsgrenze erfasst werden. Die höchsten Konzentrationen lagen sowohl im Mittel ($62 \mu\text{g m}^{-3}$) als auch für den Maximalgehalt ($4,5 \mu\text{g m}^{-3}$) bei 2-Ethylhexanol vor.

Tabelle 4: Alkohole in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

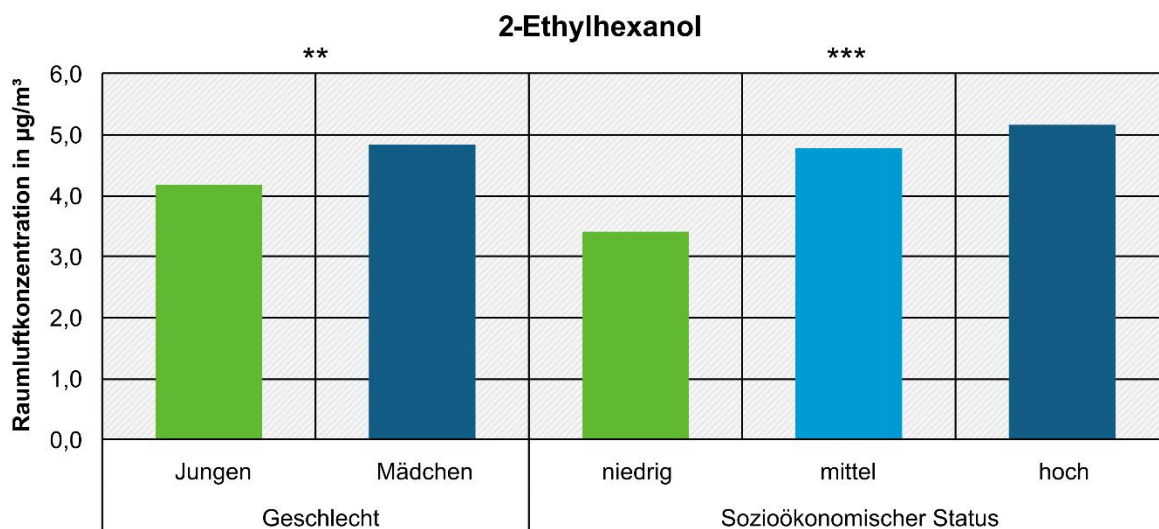
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Alkohole: Substanz	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
2-Ethylhexanol	594	15	97	1,5	4,6	14	17	62	6,247	4,496
<i>iso</i> -Butanol	333	152	54	< BG	1,2	5,2	10	51	3,033	1,520
Phenol	615	215	65	< BG	1,2	2,5	2,8	4,9	1,417	1,227

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel.

Signifikante Unterschiede in den Konzentrationen von 2-Ethylhexanol wurden hinsichtlich der Unterstichprobe des Geschlechts und des sozioökonomischen Status festgestellt. Die Konzentrationen waren bei Mädchen signifikant höher als bei Jungen und stiegen mit dem sozioökonomischen Status (Abbildung 6).

Abbildung 6: Unterschiede der gemessenen 2-Ethylhexanol-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und des Sozioökonomischen Status des Teilnehmers.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Aromaten

Die statistisch ermittelten Stoffkonzentrationen der Aromaten sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Je nach Substanz liegen 176, 355 oder 615 Datenpunkte vor.

Betrachtet man die Gruppe der Aromaten so konnte in fast allen Haushalten Toluol (99 %) und *m*- sowie *p*-Xylen (95 %) quantifiziert werden. In mehr als zwei Drittel der Haushalte konnte Ethylbenzol (70 %) bestimmt werden. Benzen (54 %), *o*-Xylen (55 %), Styren (58 %) und Trimethylbenzol (65 %) wurde in mehr als der Hälfte der Haushalte bestimmt. Die höchsten Konzentrationen konnten für Toluol ermittelt werden. Die Substanz 4-Phenylcyclohexen lag in allen Haushalten unter der Bestimmungsgrenze.

Tabelle 5: Aromaten in der Innenraumluft (in µg m⁻³) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

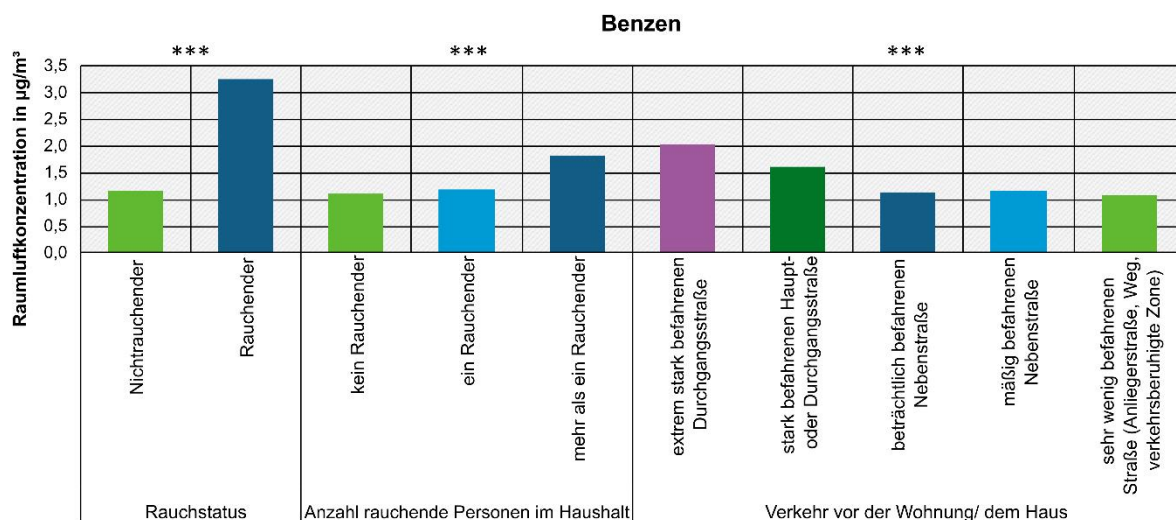
Aromaten: Substanz	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
Benzen	615	286	54	< BG	1,1	3,1	3,6	29	1,554	1,193
Ethylbenzen	615	182	70	< BG	0,9	3,6	5,0	30	1,786	1,062
Toluol	615	5	99	1,8	4,7	17	27	160	7,819	4,982
<i>m</i> -, <i>p</i> -Xylen	615	28	95	0,8	1,9	11	15	93	4,320	2,245
<i>o</i> -Xylen	615	278	55	< BG	0,7	3,4	6,0	39	1,573	0,875
Styren	355	149	58	< BG	0,9	2,7	4,4	14	1,399	0,968
Naphthalin	615	504	18	< BG	< BG	0,7	1,1	10	< BG	< BG
<i>iso</i> -Propylbenzen	176	169	4	< BG	< BG	< BG	< BG	7,0	< BG	< BG

Aromaten: Substanz	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
n-Propylbenzen	176	145	18	< BG	< BG	1,0	1,7	21	0,658	< BG
3-Ethyltoluen	176	149	15	< BG	< BG	1,8	3,4	21	1,114	< BG
4-Ethyltoluen	176	146	17	< BG	< BG	1,4	2,3	30	1,090	< BG
1,2,3-Trimethylbenzen	176	137	22	< BG	< BG	1,6	2,8	19	0,819	< BG
1,2,4-Trimethylbenzen	176	62	65	< BG	0,8	5,3	8,8	50	2,203	1,084
1,3,5-Trimethylbenzen	355	286	19	< BG	< BG	1,4	1,9	120	0,738	< BG
4-Phenylcyclohexen	176	176	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel

Bezüglich der Benzen-Konzentrationen konnten in den Teilstichproben Zusammenhänge mit dem Raucherstatus und der Anzahl rauchender Personen sowie mit der Verkehrssituation vor dem Haus/Wohnung festgestellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass die Benzen-Konzentration in Raucherhaushalten und mit der Anzahl der rauchenden Personen sowie mit einer erhöhten Verkehrssituation vor der Wohnung ansteigt (Abbildung 7).

Abbildung 7: Unterschiede der gemessenen Benzen-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Wohnort, Rauchstatus, Anzahl der Raucher im Haushalt und der Verkehrslage vor der Wohnung/dem Haus.

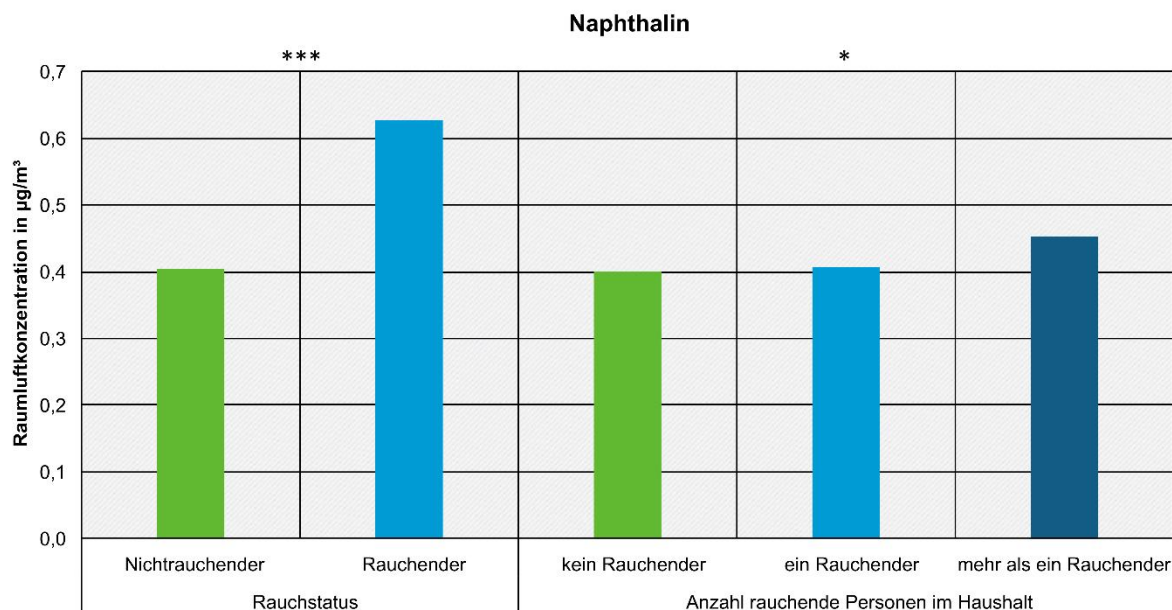


Signifikanzniveau: *** p<0,001

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Ebenfalls konnten in der Unterstichprobe von Rauchstaus und Anzahl an Rauchenden ein positiver Zusammenhang zu den Naphthalin-Konzentrationen hergestellt werden (Abbildung 8).

Abbildung 8: Unterschiede der gemessenen Naphthalin-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Rauchstatus, der Anzahl im Haushalt lebender Rauchenden und der Anwendung von Textilschuttmitteln.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$ und * $p \leq 0,05$

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Carbonsäureester

Die statistisch ermittelten Stoffkonzentrationen der Carbonsäureester sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Je nach Substanz liegen 154 oder 333 Datenpunkte vor.

Aus der Stoffgruppe der Carbonsäureester konnte Butylacetat in fast allen Haushalten (97 %) über der Bestimmungsgrenze ermittelt werden. Im Mittel lagen die Konzentrationen von Ethylacetat ($13,4 \mu\text{g m}^{-3}$), welches in 84 % der Haushalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt werden konnte, deutlich über den Butylacetatgehalten. Die geringsten Werte konnten hingegen für 1-Methoxy-2-propanolacetat erfasst werden.

Tabelle 6: Carbonsäureester in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Carbonsäureester: Substanz	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
Ethylacetat	154	24	84	< BG	17	84	200	1200	44,170	13,408
Butylacetat	333	9	97	1,1	4,9	25	32	150	10,293	4,986
1-Methoxy-2-propanolacetat	154	98	37	< BG	< BG	1,2	2,0	5,0	0,642	< BG

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel.

Glykolether

Die statistisch ermittelten Stoffkonzentrationen der Glykolether sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Je nach Substanz liegen 126 bis 594 Datenpunkte vor. 2,2,4-Trimethyl-1,3-

pentandioldiisobutyrat (TXIB®) war die einzige Verbindung der Glykoether, die in mehr als der Hälfte der Haushalte oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen werden konnte. Hier lag der Anteil bei 73 % mit einer mittleren Konzentration von 1,4 µg m⁻³. Die höchsten Gehalte konnten für 1-Butoxy-2-propanol ermittelt werden, welches in der Hälfte der Haushalte bestimmt werden konnte. Für 1-Phenoxy-2-propanol, Diethylenglykoldimethylether, Ethylenglykolmonoethylether, Ethylenglykolbutyletheracetat und Diethylenglykolbutylether konnten hingegen in keinem Haushalt Werte über der Bestimmungsgrenze gemessen werden.

Tabelle 7: Glykoether in der Innenraumluft (in µg m⁻³) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

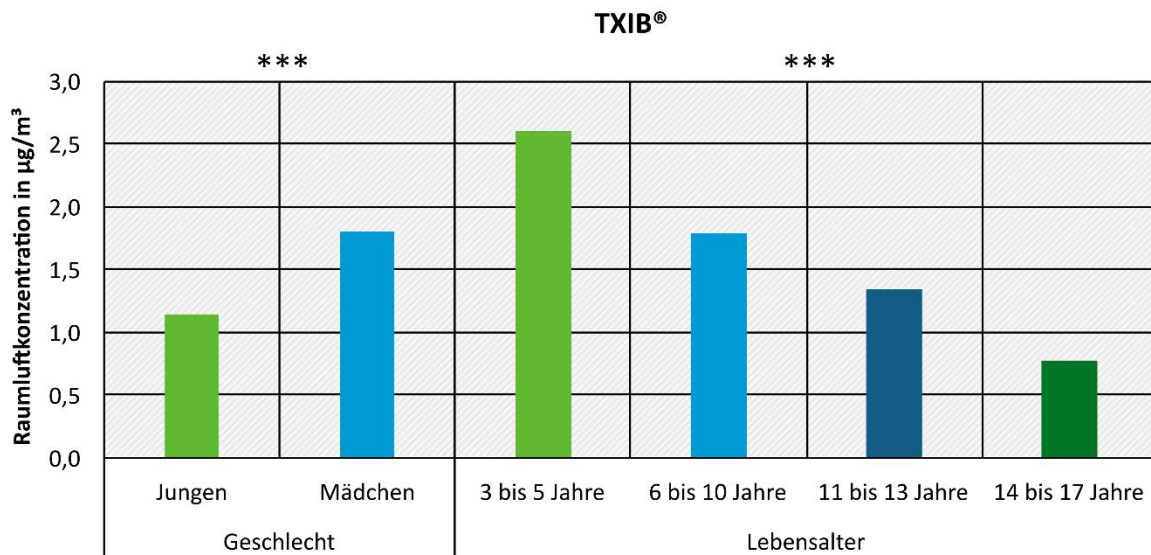
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Glykoether: Substanz	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
2-Phenoxyethanol	154	114	26	< BG	< BG	4,7	7,4	12	< BG	< BG
2-Propylenglykol-1-methylether	154	85	45	< BG	< BG	7,2	12	91	3,140	1,335
1-Butoxy-2-propanol	154	77	50	< BG	< BG	17	42	81	7,598	3,256
1-Phenoxy-2-propanol	154	154	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dipropylenglykolmono-butylether	137	134	2	< BG	< BG	< BG	< BG	12	< BG	< BG
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoiso-butyrat (Texanol®)	137	133	3	< BG	< BG	< BG	< BG	76	4,907	< BG
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrat (TXIB®)	333	89	73	< BG	1,2	7,4	11	25	2,595	1,435
Diethylenglykol-dimethylether	594	592	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethylenglykol-monoethylether	154	154	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethylenglykolbutylether	154	145	6	< BG	< BG	< BG	6,1	13	< BG	< BG
Ethylenglykol-butyletheracetat	154	154	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylenglykol-butylether	126	126	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel

Innerhalb der Unterstichprobe der Geschlechter und des Lebensalters ergaben sich signifikante Unterschiede in der TXIB®-Konzentration. Bei den Mädchen lag die Konzentration deutlich höher und nah jedoch mit steigendem Alter ab (Abbildung 9).

Abbildung 9: Unterschiede der gemessenen TXIB®-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und Lebensalter des Teilnehmenden.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$
Quelle: eigene Darstellung, UBA

Siloxane

Die statistisch ermittelten Stoffkonzentrationen der drei untersuchten Siloxane sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Je nach Substanz liegen 154 bis 594 Datenpunkte vor. Die Verbindung Siloxan D5 konnte in 91 % der Haushalte bestimmt werden. D3 konnte in 30 % und D4 in 19 % der Haushalte bestimmt werden. Die Gehalte von D5 lagen im Mittel um ein Vielfaches über den ermittelten Gehalten von D3 und D4.

Tabelle 8: Siloxane in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

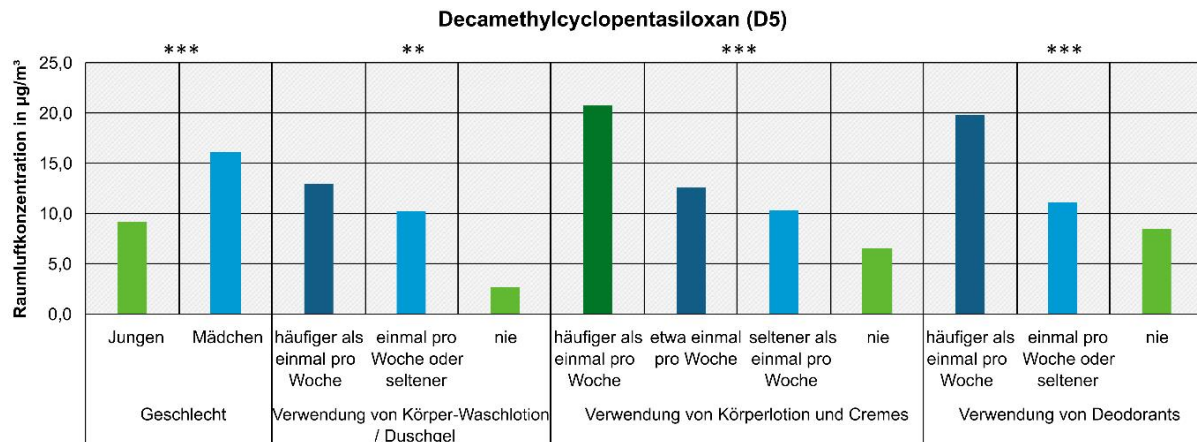
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Siloxane: Substanz	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
D3	154	107	30	< BG	< BG	4,2	6,8	36	1,742	1,149
D4	154	125	19	< BG	< BG	1,7	2,1	200	5,929	< BG
D5	594	53	91	1,1	14	110	150	800	39,791	12,096

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel.

Besonders hervorzuheben sind die steigenden D5-Konzentrationen innerhalb der Untersuchung der Unterstichproben zeigt, dass die Häufigkeit der Verwendung von Pflegeprodukten und das Geschlecht einen Einfluss auf die D5-Konzentration in Innenräumen haben. Es wurde festgestellt, dass die Innenräume von Mädchen deutlich höhere D5-Konzentrationen aufweisen als die von Jungen. Zudem besteht ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Verwendung von Pflegeprodukten und den D5-Konzentrationen: Mit zunehmender Nutzung von Pflegeprodukten steigen auch die D5-Konzentrationen (Abbildung 10).

Abbildung 10: Unterschiede der gemessenen Siloxan D5-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und der Verwendung unterschiedlicher Pflegeprodukte.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$ und ** $p \leq 0,01$

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Terpene

Die statistisch ermittelten Stoffkonzentrationen der Terpene sind in nachstehender Tabelle 9 zusammengefasst. Je nach Substanz liegen 176 bis 615 Datenpunkte vor. Die Terpene α -Pinen und Limonen konnten in über 99 % bzw. 97 % der Haushalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt werden. Aber auch α -Pinen und δ -3-Caren konnten in mehr als zwei Drittel der Haushalte bestimmt werden. Die höchsten Konzentrationen konnten für Limonen ermittelt werden (GM: $11,04 \mu\text{g m}^{-3}$). Hier lagen die Gehalte um das Doppelte höher als bei α -Pinen, für das die zweithöchsten Werte gemessen werden konnten.

Tabelle 9: Terpene in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

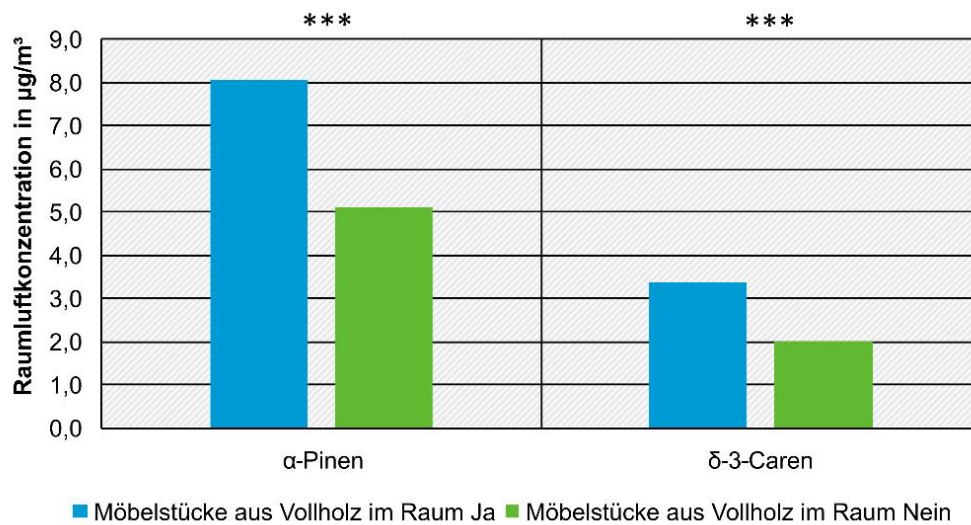
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Terpene: Substanz	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
α -Pinen	615	9	99	1,5	6,4	30	42	200	13,606	6,749
β -Pinen	176	53	70	< BG	1,8	6,7	11	21	2,647	1,757
δ -3-Caren	355	60	83	< BG	2,3	16	26	150	7,772	2,776
Limonen	615	18	97	2,3	12	57	100	1100	31,658	11,038
Longifolen	176	176	0	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel

Wie zu erwarten war, konnte bei den Terpenen α -Pinen und δ -3-Caren höhere Konzentrationen in der Raumluft gemessen werden, wenn der Raum mit Vollholz ausgestattet war (Abbildung 11).

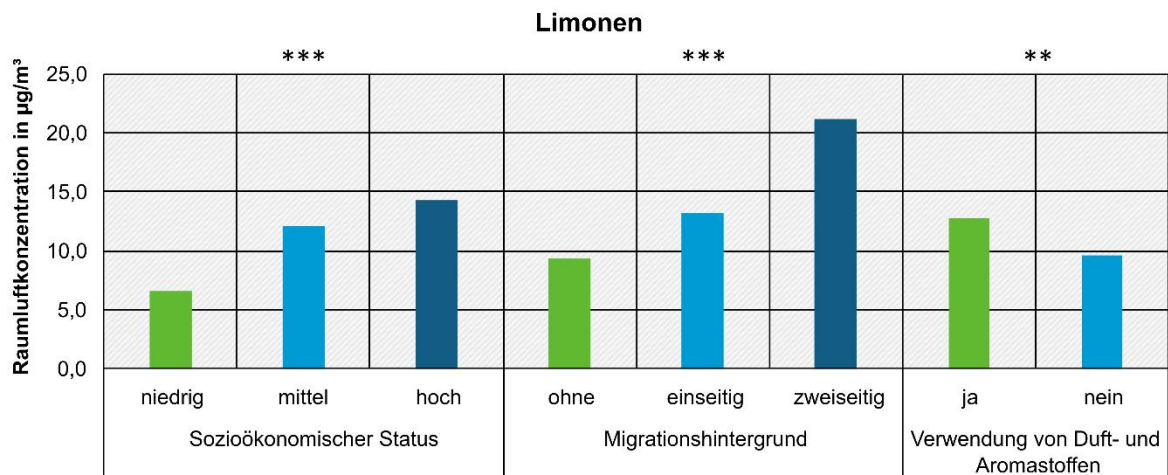
Abbildung 11: Unterschiede der gemessenen α -Pinen und δ -3-Caren-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit von der Ausstattung des Raumes mit Vollholzmöbeln.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$
 Quelle: eigene Darstellung, UBA

Die Terpenkonzentrationen unterschieden sich auch bei Verwendung von Duftstoffen und Aromastoffen im Haushalt sowie bei höherem sozioökonomischem Status und Migrationshintergrund (Limonen, Abbildung 12).

Abbildung 12: Unterschiede der gemessenen Limonen-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Sozioökonomischen Status, Migrationshintergrund und der Verwendung von Duft- und Aromastoffen.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$ und ** $p \leq 0,01$
 Quelle: eigene Darstellung, UBA

TVOC

In 98 % der Haushalte konnte der Summenparameter TVOC bestimmt werden. Die statistisch ermittelten TVOC-Gehalte von 579 Teilnehmenden sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: TVOC in der Innenraumluft (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

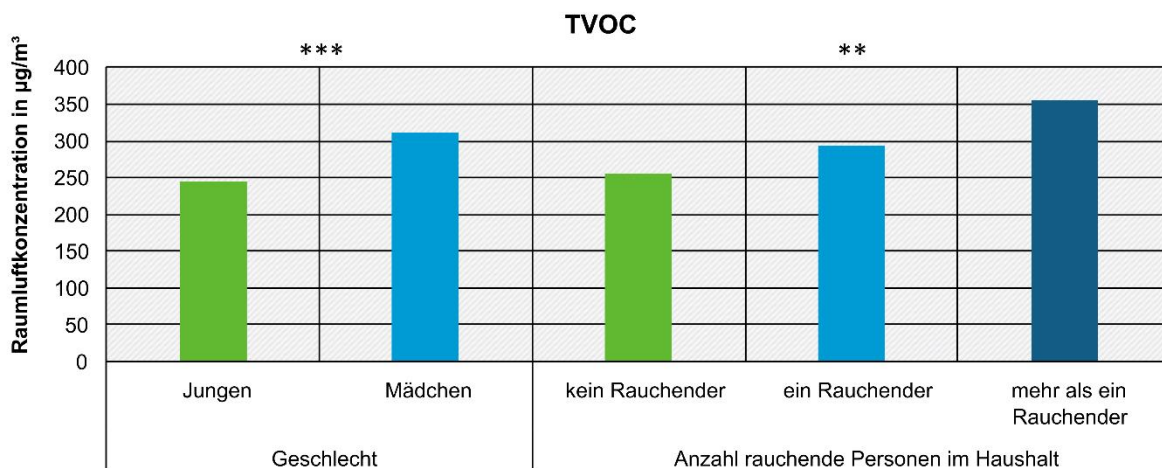
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 1 gegeben.

Parameter	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
TVOC	579	9	98	99	270	700	950	6700	375,232	274,676

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel.

Die deutlichsten Unterschiede in den TVOC-Konzentrationen wurden zwischen den Geschlechtern und in Abhängigkeit von der Anzahl der Rauchenden im Haushalt festgestellt (Abbildung 13).

Abbildung 13: Unterschiede der gemessenen TVOC-Konzentrationen in GerES V in Abhängigkeit vom Geschlecht und der Anzahl an Rauchenden im Haushalt.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$ und ** $p \leq 0,01$

Quelle: eigene Darstellung, UBA

3.1.3 Substanzen in kaum nachweisbaren Konzentrationen

Von den in GerES V untersuchten Targets Substanzen traten einige in so geringen Konzentrationen auf, dass die Werte nur in maximal 2 % der Fälle über der Bestimmungsgrenze lagen. Auf die folgenden, halogenierten Stoffe traf dies zu weshalb diese nicht mit in die obigen Tabellen mit aufgenommen wurden:

- ▶ 1,1,1-Trichlorethan
- ▶ Trichlorethen
- ▶ Tetrachlorethen
- ▶ 1,4-Dichlorbenzol

3.1.4 Non-Target-Analyse

Neben den 80 Zielsubstanzen wurden GerES V-Raumluftproben auch nach neuen, bislang nicht routinemäßig erfassten Substanzen untersucht. Hierfür wurden Chromatogramme einer begrenzten Unterstichprobe, mit den höchsten TVOC Gehalten ($n = 10$), ausgewählt.

Einige neue Substanzen in relevanten Konzentrationen konnten identifiziert werden, in jedoch sehr geringen Mengen.

Zu den neu identifizierten Substanzen zählen:

- ▶ Eucalpytol (Aromastoff; CAS 470-82-6)
- ▶ Linalol (natürlich vorkommender Geruchsstoff; CAS 78-70-6)
- ▶ Dihydromyrcenol (Duft- bzw. Aromastoff; CAS 18479-58-8)
- ▶ Methylcyclohexan (u.a. als Lösungsmittel für Kautschukprodukte; CAS 108-87-2)
- ▶ 3-Methylhexan (CAS 589-34-4)

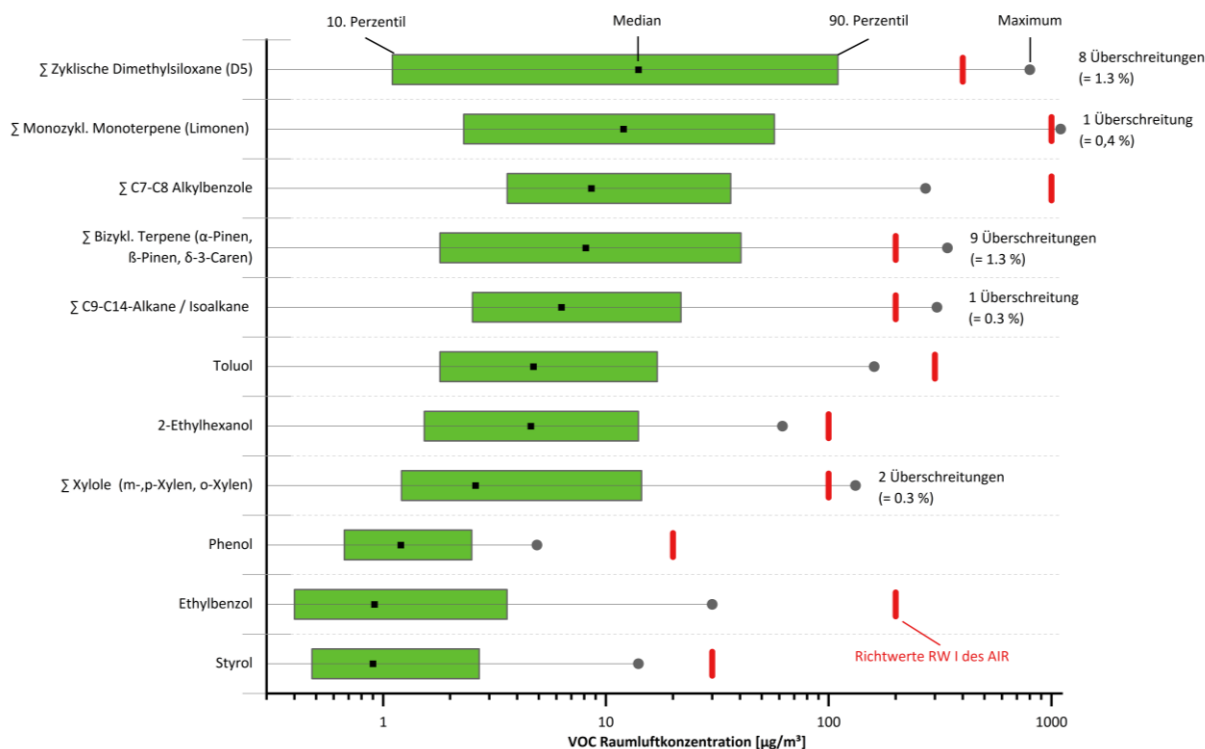
Hierdurch ist ein möglicher Ansatzpunkt entstanden, das Spektrum der zu untersuchenden VOC in Zukunft zu erweitern.

3.1.5 Vergleich mit Innenraumrichtwerten: VOC

Die VOC-Konzentration in der Raumluft bei GerES V sind in Abbildung 14 veranschaulicht; Datenquelle sind die in Abschnitt 3.1.2 aufgeführten und bereits gewichteten Messwerte. Aus praktischen Gründen wurden viele Stoffe durch den AIR als toxikologische bewertbarer Summenparameter zusammengefasst. Die bei GerES V ermittelten VOC-Konzentrationen zeigen, dass die alle Mediane der VOC-Raumluftkonzentrationen unter dem Richtwert I (RW I, Vorsorgewert) des AIR lagen. Die Richtwerte sind so abgeleitet, dass nach aktuellem Wissensstand und auf Basis der Einzelstoffbewertung kein Gesundheitsrisiko bekannt ist, solange RW I nicht überschritten wird. Obwohl der Median der gemessenen Werte immer unterhalb des jeweiligen Richtwerts lag, gab es in einigen Fällen bei bestimmten chemischen Verbindungen Überschreitungen.

Zu den betroffenen Stoffen gehören cyclische Dimethylsiloxane (insbesondere D5), monocyclische Monoterpene (wie Limonen), bicyclische Terpene, C₉–C₁₄-Alkane und Xylole. Der Summenparameter für C₉–C₁₄-Alkane, berechnet aus den Konzentrationen von *n*-Nonan bis *n*-Tetradecan, überschritt bei 0,3 % der Teilnehmer den Grenzwert von 200 µg m⁻³. Ähnlich verhielt es sich bei den Xylole, wo der Grenzwert von 100 µg m⁻³ ebenfalls in 0,3 % der Haushalte überschritten wurde.

Abbildung 14: Statistik der Raumlufkonzentration für ausgewählte Stoffe bzw. Gruppen der VOC, nach absteigendem Median sortiert.



Viele Stoffe sind als toxikologische bewertbarer Summenparameter zusammengefasst. In Rot sind die aktuell gültigen Richtwerte I (RW I, „Vorsorgewert“) des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) gekennzeichnet.

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Für die zyklischen Dimethylsiloxane wurde hauptsächlich D5 berücksichtigt, da es diesen Summenparameter dominiert. D3 und D4 lagen in weniger als 50 % der Messungen über der Nachweisgrenze und hatten nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtsumme. Der Grenzwert für cyclische Dimethylsiloxane ($400 \mu\text{g m}^{-3}$) wurde bei acht Teilnehmern überschritten, was 1,3 % der Haushalte entspricht. Auch die Summe der bicyclischen Terpene (α -Pinen, β -Pinen und δ -3-Caren) lag bei 1,3 % der Messungen über dem Grenzwert von $200 \mu\text{g m}^{-3}$.

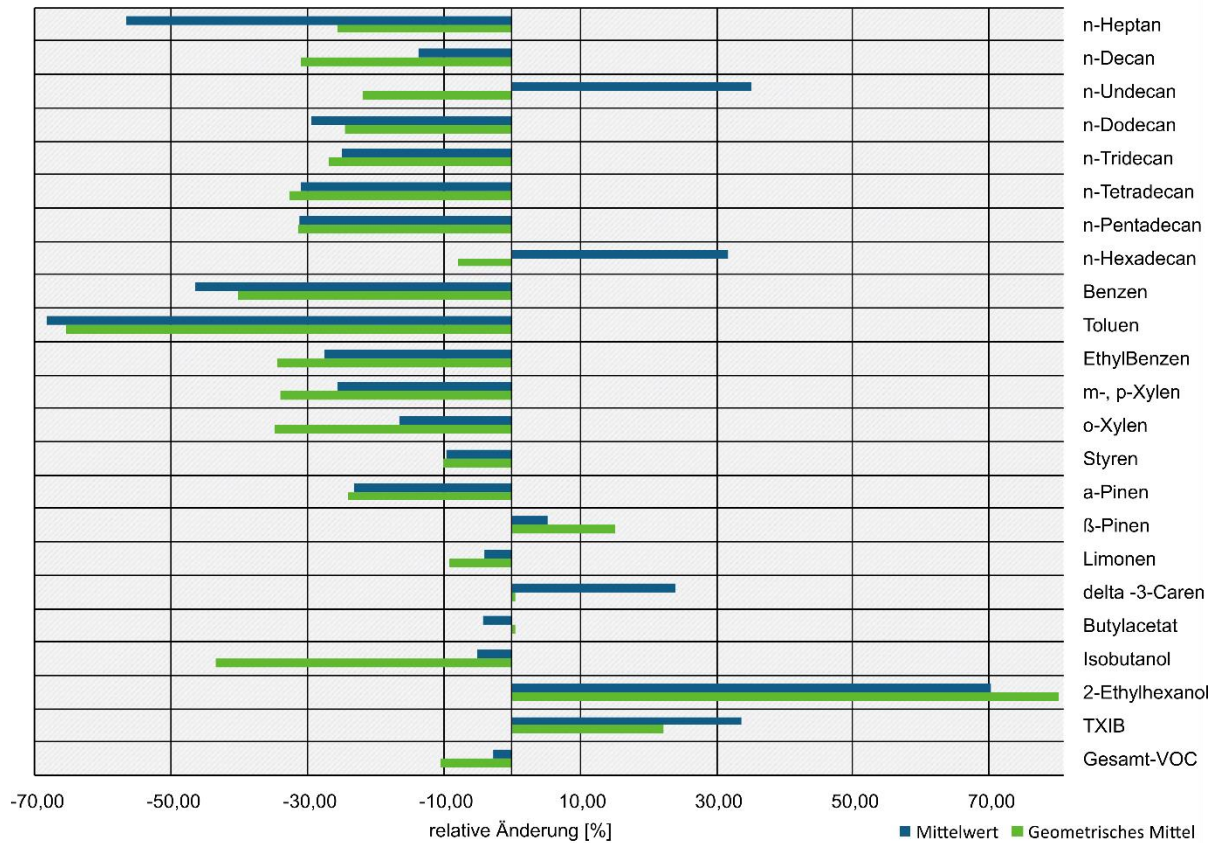
3.1.6 Vergleich zur vorigen Studie GerES IV: VOC

Eine wesentliche Fragestellung betrifft zeitliche Veränderungen der Raumbelastung seit der letzten GerES-Studie. Da die GerES-Studien repräsentativ für die Bevölkerung sind, wurden die Ergebnisse der Studien GerES IV (2003–2006) und GerES V (2014–2017) verglichen, die 11 Jahre auseinander liegen. Um die Vergleichbarkeit zu erhöhen, wurden in beiden Studien nur Kinder im Alter von 3 bis 14 Jahren berücksichtigt.

In Abbildung 15 werden die geometrischen Mittelwerte (GM) und Mediane der Messwertverteilungen von GerES IV aus den Jahren 2003–06 mit dem aktuellen GerES V verglichen. Der Vergleich zeigt, dass die Konzentrationen der meisten VOC in der aktuellen Studie (GerES V) niedriger waren.

Besonders auffällig war der Rückgang bei Alkanen und Aromaten. Die signifikanteste Abnahme wurde bei Toluol beobachtet, dessen geometrische Mittelwerte um 65,5 % niedriger waren. In einigen Fällen wichen die Ergebnisse jedoch von diesem Muster ab. So wurden beispielsweise 2-Ethylhexanol und TXIB in deutlich höheren Konzentrationen gemessen.

Abbildung 15: Relative Änderung der Raumluftkonzentrationen an VOC von GerES IV (2003–2006) zu GerES V (2014–2017).



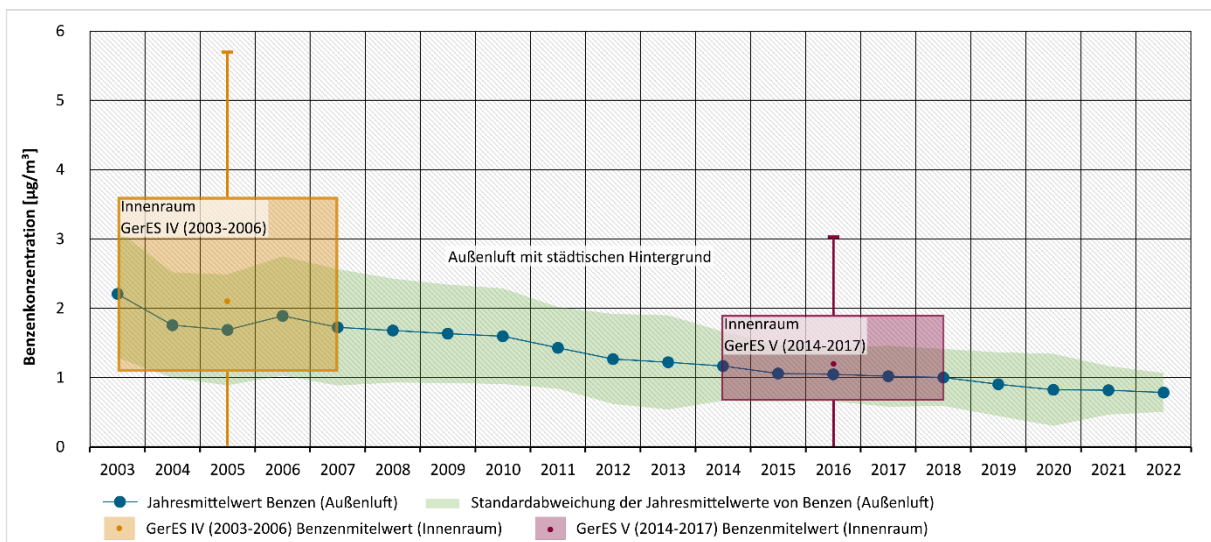
Quelle: eigene Darstellung, UBA

Es wird vermutet, dass der Anstieg von TXIB mit einer erweiterten Anwendung in Produkten wie lösemittellarmen und wasserbasierten Farben sowie Klebstoffen zusammenhängt. TXIB wird auch als Ersatz für Phthalatweichmacher in Materialien wie PVC verwendet. Der Anstieg von 2-Ethylhexanol könnte ähnlich erklärt werden, da es zusammen mit TXIB in PVC-Plastisolen verwendet wird und auch in Farben und Beschichtungen vorkommt.

Ein bemerkenswerter Rückgang von 40 % wurde auch bei den Benzen-Konzentrationen festgestellt. Dieser Trend spiegelt sich auch in den Außenluftmessungen wider, wo die durchschnittlichen Jahreswerte für Benzen in städtischen Gebieten Deutschlands von $1,9 \mu\text{g m}^{-3}$ (2003–2006) auf $1,2 \mu\text{g m}^{-3}$ (2014–2017) sanken. (Datenquelle waren die vom UBA für Deutschland zusammengestellten Überwachungsdaten für die Außenluft; siehe Abbildung 16)

Die Gesamtmenge der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) war in GerES V etwa 10 % niedriger als in GerES IV.

Abbildung 16 Jahresmittelwerte von Benzen in der Außenluft von 2003 bis 2022 im Vergleich zu den Mittelwerten von Benzol in der Innenraumluft aus GerES IV und GerES V.



Die geometrischen Jahresmittelwerte von Benzen in der Außenluft mit städtischem Hintergrund sind blau dargestellt, die Standardabweichung ist in grün unterlegt. Die Boxplots zeigen den geometrischen Mittelwert, das 25. und 75. Perzentil und die Standardabweichung der Benzenkonzentrationen in der Innenraumluft aus den jeweiligen GerES Studien.

Quelle: eigene Darstellung, UBA

3.2 Flüchtige organische Verbindungen: Aldehyde

3.2.1 Überblick: Aldehyde

Die untersuchten Aldehydklassen werden als Stoffgruppe in der nachfolgenden Tabelle 11 beschrieben. Genannt werden der strukturelle Aufbau der Stoffgruppe und typische Emissionsquellen, wobei die Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Tabelle 11: Typische Emissionsquellen der Aldehyde.

Stoffgruppe	Beschreibung	Typische Emissionsquellen
Aldehyde	vorrangig aliphatische Kohlenwasserstoffe mit terminaler Aldehydgruppe	Formaldehyd: Bestandteil von Leimen in Holzspanplatten; Reinigungs- und Desinfektionsmittel

3.2.2 Statistik der Stoffkonzentrationen

Aldehyde

Die Statistik der Aldehydverbindungen unter Berücksichtigung der GewichtungsvARIABLEN ist in Tabelle 12 veranschaulicht. Formaldehyd, Acetaldehyd und *n*-Hexanal konnten in 96 % der Haushalte über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen ermittelt werden, *n*-Propanal, *n*-Butanal, *n*-Pentanal und *n*-Nonanal in über 80 % der Haushalte. Die höchsten Konzentrationen wurden bei Formaldehyd (22,2 µg m⁻³) gemessen, gefolgt von *n*-Hexanal (9,3 µg m⁻³).

Tabelle 12: Aldehyde in der Innenraumluft (in µg m⁻³) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 2 gegeben.

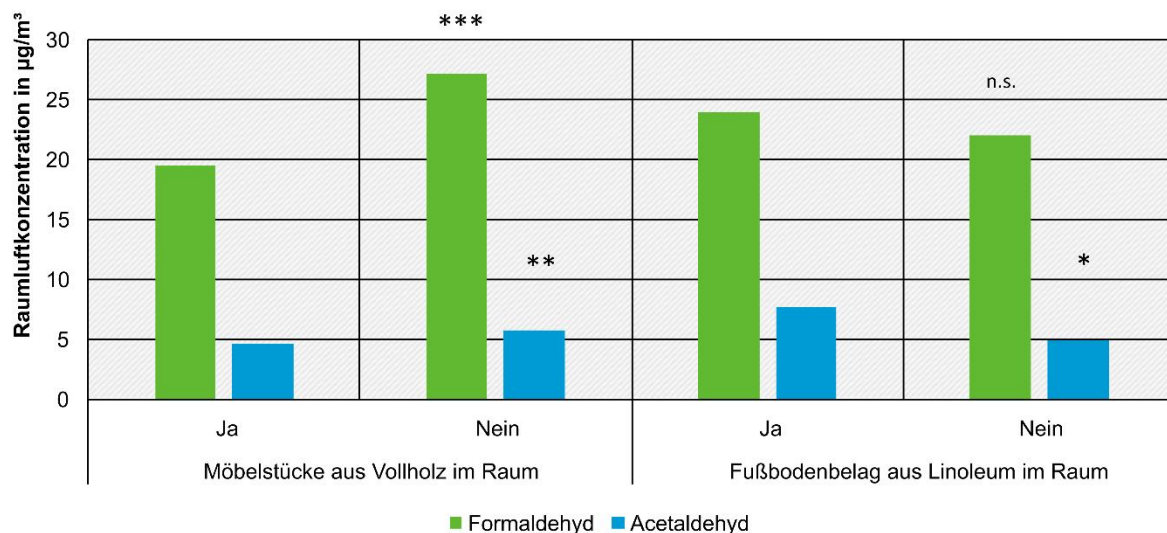
Aldehyde: Substanz	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
Formaldehyd	639	24	96	13	25	47	55	110	27,851	22,191
Acetaldehyd	639	27	96	2,2	5,5	13	16	50	6,815	5,045
<i>n</i> -Propanal	639	81	87	< BG	1,5	3,7	4,6	23	1,774	1,253
<i>n</i> -Butanal	639	128	80	< BG	1,3	3,6	4,9	29	1,893	1,064
<i>n</i> -Pentanal	639	78	88	< BG	2,7	7,1	9,2	23	3,502	1,942
<i>iso</i> -Pentanal	639	467	27	< BG	< BG	< BG	4,8	19	< BG	< BG
<i>n</i> -Hexanal	639	27	96	3,2	11	26	33	120	13,439	9,283
<i>n</i> -Heptanal	639	323	50	< BG	< BG	2,4	3,6	8,8	1,129	0,696
<i>n</i> -Octanal	639	237	63	< BG	1,0	3,4	4,1	9,5	1,440	0,883
<i>n</i> -Nonanal	639	124	81	< BG	6,1	18	21	45	7,699	3,967
<i>n</i> -Decanal	639	266	58	< BG	1,3	9,1	11	25	2,954	1,313
<i>n</i> -Undecanal	639	594	7	< BG	< BG	< BG	0,8	2,0	0,448	< BG
Σ Aldehyde, C ₄ –C ₁₁	639			8,2	27	65	82	162	32,502	24,521

Aldehyde: Substanz	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
Furfural	639	474	26	< BG	< BG	0,6	1,0	7,4	0,285	< BG
Benzaldehyd	639	287	55	< BG	0,6	3,6	4,9	12	1,338	0,543

N: Anzahl der analysierten Proben, BG: Bestimmungsgrenze, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel

Unter Einbeziehung der Fragebogendaten konnten bei Propanal, Octanal, Nonanal und Benzaldehyd höhere Messwerte in den Haushalten festgestellt werden, die mit einem Fußbodenbelag aus Linoleum ausgestattet waren. Auch unterschieden sich die Konzentrationen bei einigen Aldehyden, wenn im gemessenen Raum Möbel aus Spanplatten vorhanden waren. Die Untersuchung der Unterstichproben zeigte, dass die Art der Einrichtung auch einen Einfluss auf die Konzentrationen von Formaldehyd und Acetaldehyd hat. Sowohl eine Ausstattung mit Vollholzmöbeln als auch die Verwendung von Linoleumfußböden führten zu einem Anstieg der Formaldehyd-Konzentrationen (Abbildung 17).

Abbildung 17: Unterschiede des gemessenen Formaldehyd- und Acetaldehyd-Konzentrationen in GerES V in der Ausstattung mit Vollholzmöbeln und Linoleum Fußbodenbelägen.



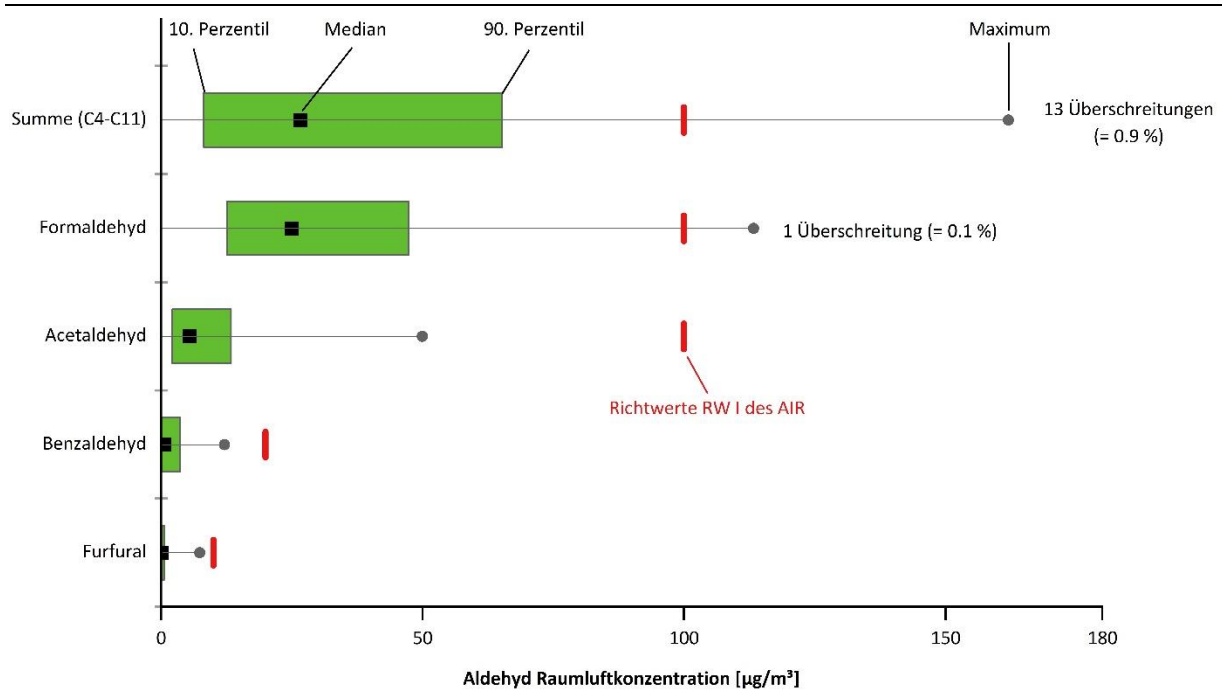
Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$ und n.s. nicht signifikant

Quelle: eigene Darstellung, UBA

3.2.3 Vergleich mit Innenraumrichtwerten: Aldehyde

Die Abbildung 18 zeigt, dass auch die Raumluftkonzentrationen der Aldehyde in den allermeisten Fällen unter den jeweils gültigen Richtwerten I (RW I, Vorsorgewert) des AIR liegen. In einem Fall wurde der RW I von Formaldehyd überschritten. In 13 Fällen (0,9 % aller Fälle) wurde der RW I für die Summe der Aldehyde zwischen C_4 (*n*-Butanal) und C_{11} (*n*-Undecanal) überschritten. Hierbei ist anzumerken, dass diese Summe durch die Einzelsubstanz *n*-Hexanal dominiert wird.

Abbildung 18: Statistik der Raumlufkonzentration der Aldehyde, nach absteigendem Median sortiert.



Die Aldehyde zwischen C₄ (*n*-Butanal) und C₁₁ (*n*-Undecanal) sind als Summe dargestellt, mit Hexanal als wichtigster Einzelsubstanz. In Rot sind die Richtwerte I (RW I, „Vorsorgewert“) des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) gekennzeichnet.

Quelle: eigene Darstellung, UBA

3.2.4 Vergleich zur vorigen GerES-Studie: Aldehyde

Eine wesentliche Fragestellung betrifft zeitliche Veränderungen der Raumbelastung seit der letzten GerES-Studie. Da die GerES-Studien repräsentativ für die Bevölkerung sind, wurden die Ergebnisse der Studien GerES IV (2003–2006) und GerES V (2014–2017) verglichen, die 11 Jahre auseinander liegen. Um die Vergleichbarkeit zu erhöhen, wurden in beiden Studien nur Kinder im Alter von 3 bis 14 Jahren berücksichtigt.

In Abbildung 19 werden die geometrischen Mittelwerte (GM) und Mediane der Messwertverteilungen von GerES IV aus den Jahren 2003–06 mit dem aktuellen GerES V verglichen. Für die meisten Aldehyde erkennt man eine deutliche Abnahme der Raumlufkonzentrationen, in der Regel zwischen 25 und 75 %.

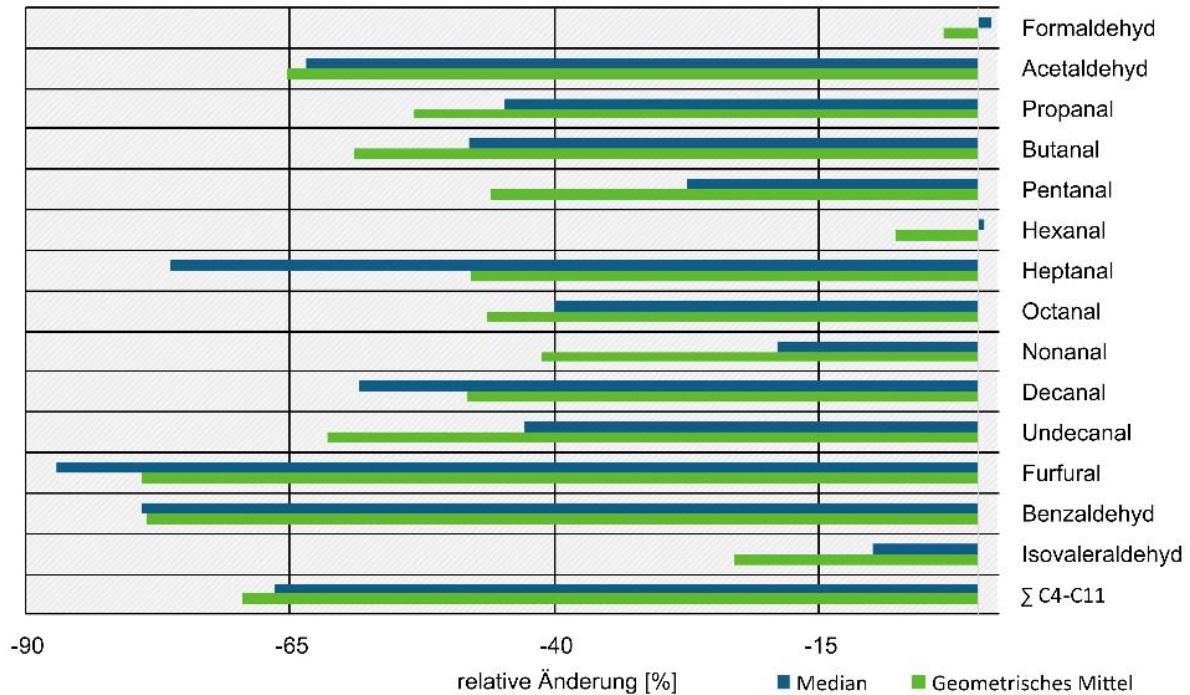
Eine interessante Ausnahme bilden Formaldehyd und *n*-Hexanal, d.h. die beiden Stoffe, die mit den höchsten Konzentrationen vertreten sind. Bei beiden Substanzen konnte keine nennenswerte Abnahme verzeichnet werden. Die Mediane der entsprechenden Stoffkonzentrationen nahmen um wenige Prozent zu.

Ein Erklärungsmodell könnte sein, dass diese beiden Stoffe essentieller Teil der Rezepturen von Holzwerkstoffen sind, die sich nur wenig verändert haben. Die wesentlichen Prüfbedingungen für die Marktfähigkeit von Holzwerkstoffen (Prüfverfahren für Holzwerkstoffe) haben sich in Deutschland seit nahezu 30 Jahren nicht verändert, so dass hier nur wenig Anlass zur Veränderung der Produkte bezüglich Formaldehyds gegeben war.

Erst 2026 wird eine vom Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit anderen Behörden (insbesondere Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung) unter Beteiligung der

Industrie entwickeltes neues Prüfverfahren für Formaldehydemissionen europaweit in Kraft treten (Brozowski, 2024). Die neue Verordnung legt schärfere Grenzwerte für Holzwerkstoffe und holzbasierte Möbel neue Grenzwerte für Formaldehyd und Formaldehydabspalter fest³.

Abbildung 19: Relative Änderung der Raumlufkonzentrationen an Aldehyden von GerES IV (2003–2006, n = 586) zu GerES V (2014–2017, n = 639).



Quelle: eigene Darstellung, UBA

3.3 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM_{2,5}

3.3.1 Überblick: PAKs

Die untersuchten PAKs lassen sich in verschiedene Gruppen einteilen, die nachfolgend in Tabelle 13 beschrieben werden. Genannt werden der strukturelle Aufbau der Parameter und typische Emissionsquellen, wobei die Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Tabelle 13: Typische Emissionsquellen der PAKs im Innenraum.

Stoffgruppe	Beschreibung	Typische Emissionsquellen
PAKS	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Verbrennungsprozesse (Holz, Erdgas, Kerzen, Räucherstäbchen), Rauchen, Kochen

3.3.2

³ Verordnung (EU) 2023/1464 der Kommission vom 14. Juli 2023 zur Änderung des Anhangs XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Formaldehyds und Formaldehydabspaltern (Text von Bedeutung für den EWR)

3.3.3 Statistik der PAKs

Die Statistik der PAKs unter Berücksichtigung der Gewichtungswvariablen ist in Tabelle 14 veranschaulicht. Fast alle untersuchten Verbindungen konnten in über 90 % der Haushalte über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen ermittelt werden, Dibenz[a,h]anthracen und Benz[ghi]perylen in über 70 % der Haushalte.

Tabelle 14: PAKs in der Innenraumluft (in ng m⁻³) in Haushalten mit 3 bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

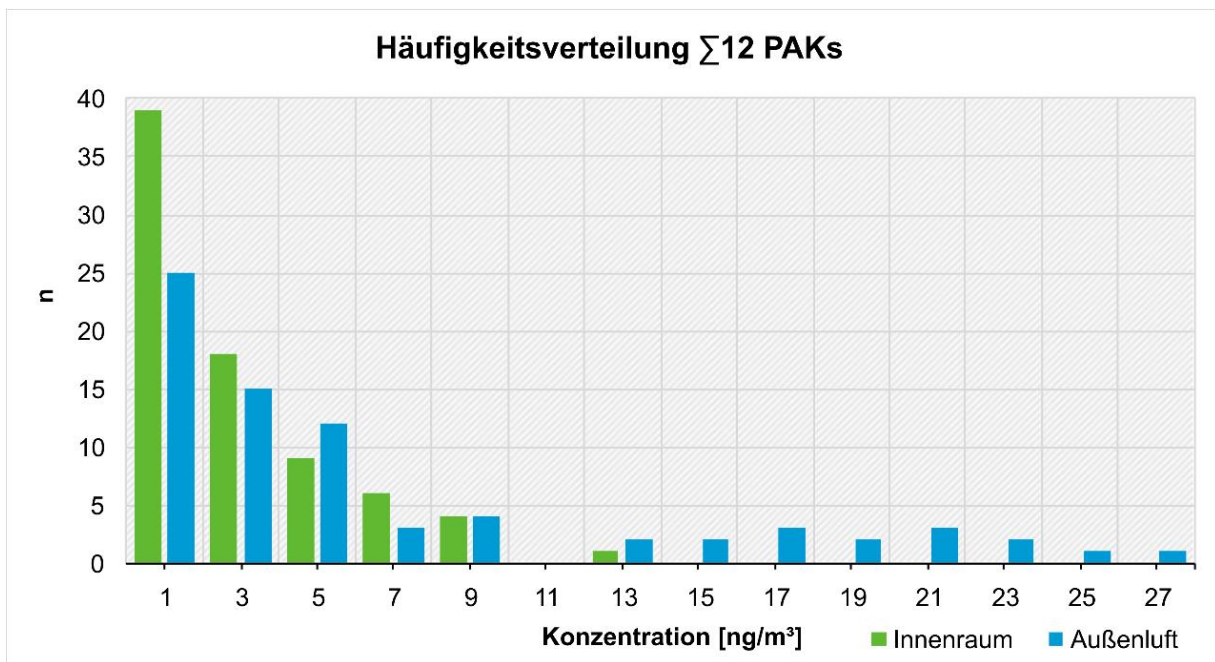
Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Verbindungen sind in Tabelle A 3 gegeben.

PAKs: Substanz	% ≥ BG		P50		P90		MAX		GM		
	I	O	I	O	I	O	I	O	I	O	I/O
Fluoranthen	100	99	0,27	0,66	0,82	3,69	1,40	4,97	0,29	0,72	0,40
Pyren	95	97	0,18	0,44	0,53	2,89	0,95	3,74	0,19	0,48	0,40
Chrysen	92	96	0,09	0,12	0,39	1,13	0,67	1,69	0,10	0,16	0,63
Benz[a]anthracen	99	97	0,14	0,26	0,49	1,55	0,80	2,67	0,16	0,28	0,57
Benzo[b]fluoranthen	90	95	0,23	0,43	0,90	1,86	1,20	3,25	0,24	0,44	0,55
Benzo[j]fluoranthen	91	96	0,13	0,24	0,45	1,19	0,73	1,90	0,14	0,24	0,58
Benzo[k]fluoranthen	90	93	0,11	0,20	0,36	0,83	0,51	1,34	0,11	0,19	0,58
Benzo[e]pyren	90	95	0,20	0,34	0,62	1,46	1,12	1,94	0,19	0,32	0,59
Benzo[a]pyren	94	93	0,11	0,14	0,65	1,01	1,61	1,58	0,13	0,17	0,76
Indeno[1,2,3-cd]pyren	95	93	0,26	0,34	0,84	1,65	2,82	2,21	0,25	0,34	0,74
Dibenz[a,h]anthracen	70	76	0,05	0,06	0,14	0,26	0,28	0,34	0,05	0,06	0,83
Benz[ghi]perylen	71	73	0,26	0,34	0,78	1,39	3,56	1,98	0,25	0,32	0,78
∑12PAKs			1,99	3,66	6,28	19,16	13,94	26,25	2,21	3,85	0,57
PM _{2,5} [µg m ⁻³]	100	100	10,0	14,0	19,0	30,6	52,5	42,4	10,7	14,7	0,73

BG: Bestimmungsgrenze, P50 = 50. Perzentil etc., MAX = Maximum, GM = geometrisches Mittel

Ordnet man die Summe der Massenkonzentration über die 12 PAKs, so erhält man eine Häufigkeitsverteilung, wie sie in Abbildung 20 dargestellt ist. Die Werte für die Konzentration in der Umgebungsluft sind zu höheren Werten verschoben, während die Konzentrationswerte für die Innenraumluft in die niedrigeren Bereiche verschoben sind.

Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung der PAK-Konzentration



Summe von 12 PAKs, siehe Tabelle 14; Daten während GerES V erhoben (2014–2017)

Quelle: eigene Darstellung, UBA

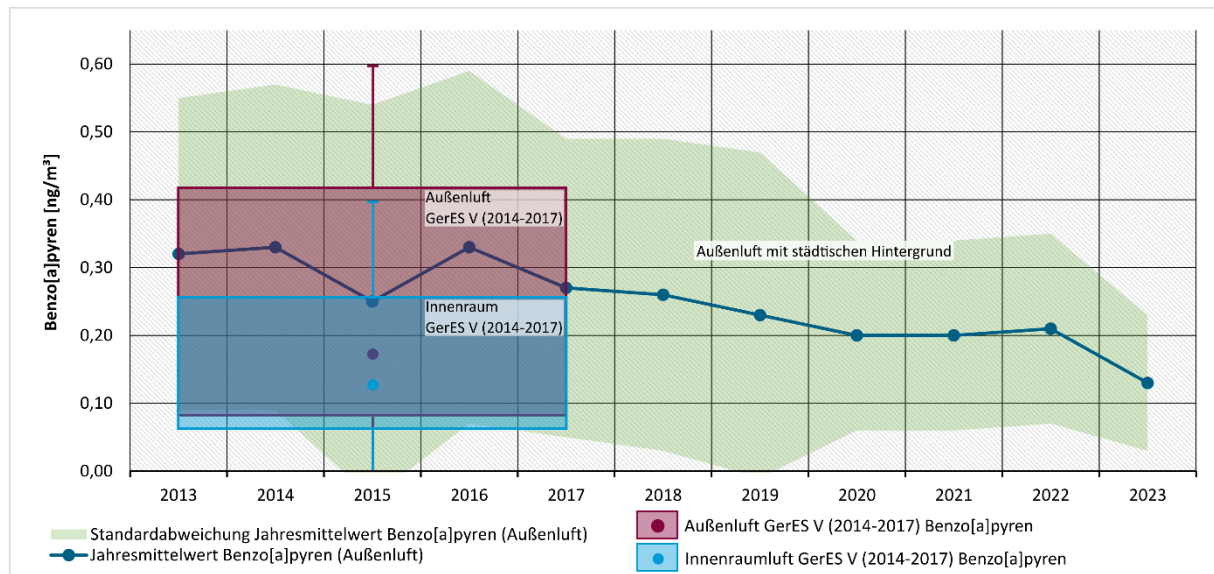
Um die Ergebnisse besser veranschaulichen zu können, wurden die 12 PAKs in 4 Gruppen unterteilt. Dabei wurden PAKs mit gleicher oder ähnlicher Molekülmasse (MW, molecular weight) und damit ähnlicher physikalischer Eigenschaften zusammengefasst. Es ergeben sich damit 4 Gruppen:

- ▶ MW 202: Pyren, Fluoranthen
- ▶ MW 228: Benz[*a*]anthracen, Chrysen
- ▶ MW 252: Benzo[*a*]pyren, Benzo[*e*]pyren, Benzo[*b*]fluoranthen, Benzo[*j*]fluoranthen, Benzo[*k*]fluoranthen
- ▶ MW >270: Benzo[*g,h,i*]perylen, Indeno[1,2,3-*cd*]pyren, Dibenzo[*a,h*]anthracen

Benzo[*a*]pyren

Für Benzo[*a*]pyren wurden in PM_{2,5} (Innenraum) die folgenden Konzentrationen in ng m⁻³ ermittelt: 0,11 (Median), 0,13 (geometrisches Mittel), 0,65 (90. Perzentil), 1,61 (Maximum). Die entsprechenden Konzentrationen in der Außenluft betragen 0,14 (Median), 0,17 (geometrisches Mittel), 1,01 (90. Perzentil), 1,58 (Maximum). Im Vergleich zur Außenluft mit städtischem Hintergrund liegen die von uns gemessenen Werte leicht unterhalb des geometrischen Jahresmittelwertes (Abbildung 21). Statistisch gesehen waren die Innenraumkonzentrationen niedriger als die Außenkonzentrationen, so dass sich ein mittleres Innenraum-/Außenraum-Verhältnis von 0,81 ergab. Unsere Ergebnisse stehen in qualitativer Übereinstimmung mit einer früheren Studie für Berlin aus den 1990er Jahren (Fromme et al., 2004), bei der in 123 Wohnungen die mittleren Benzo[*a*]pyren-Konzentrationen in PM₇ von 0,09 (in Innenräumen), 0,10 (in der Außenluft) und ein mittleres Verhältnis zwischen Innen- und Außenluft von 0,90 ermittelt wurden.

Abbildung 21 Jahresmittelwerte von Benzo[a]pyren in der Außenluft von 2013 bis 2023 im Vergleich zu den Mittelwerten von Benzo[a]pyren in der Außen- und Innenraumluft aus GerES V.

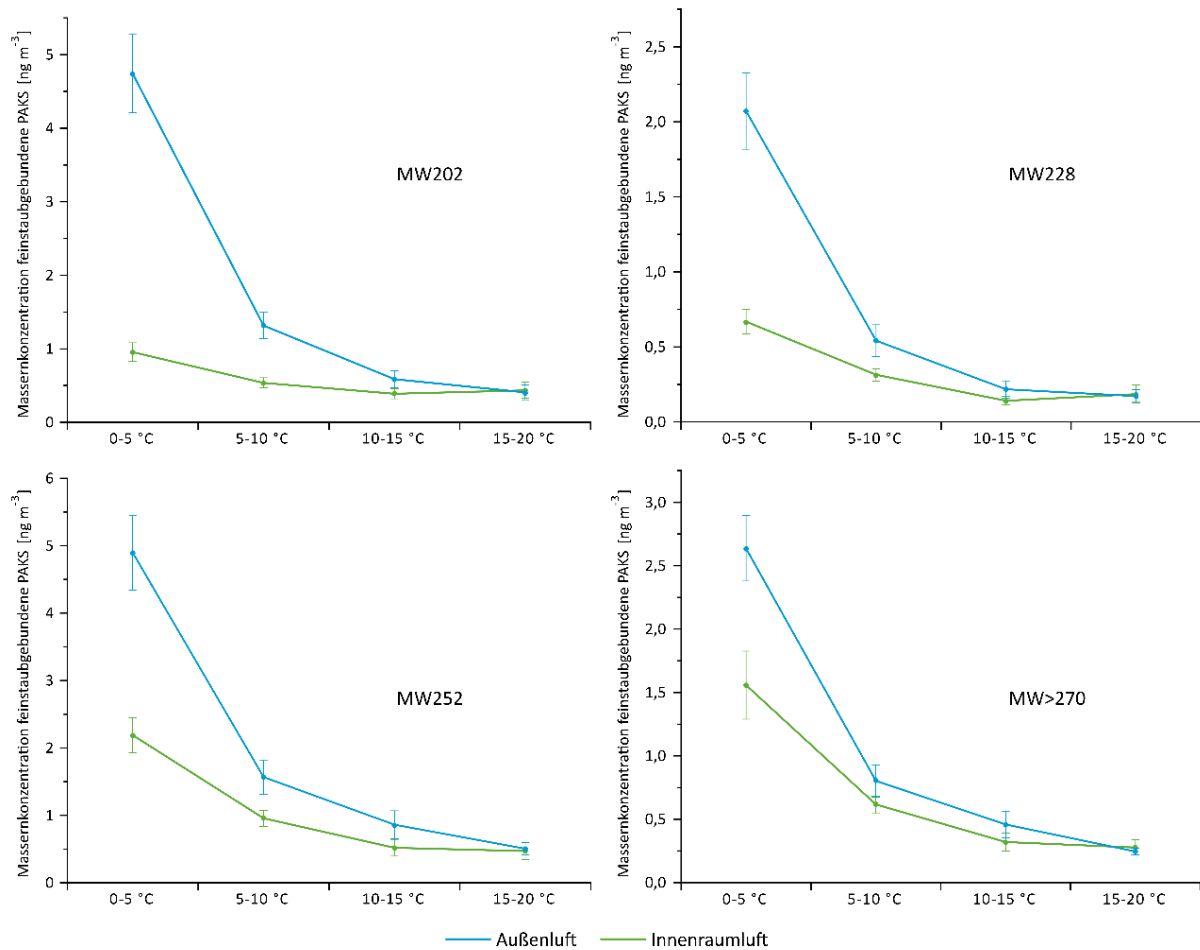


Die geometrischen Jahresmittelwerte von Benzo[a]pyren in der Außenluft mit städtischem Hintergrund sind blau dargestellt, die Standardabweichung ist in grün unterlegt. Die Boxplots zeigen den geometrischen Mittelwert, das 25. und 75. Perzentil und die Standardabweichung der Benzo[a]pyren-Konzentration in der Außenluft (rot) und Innenraumluft (blau) aus der GerES V Studie.

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Unsere Daten deuten darauf hin, dass der überwiegende Teil der in Innenräumen an $PM_{2,5}$ gebundenen PAK aus Quellen im Freien stammt. So zeigt die Abbildung 22 den Verlauf der einzelnen MW-Gruppen der PAKs in Abhängigkeit von der Außentemperatur. In allen Gruppen ist der Wert für die Außenkonzentration höher als der für die Innenraumkonzentration, für den Temperaturbereich 15–20 °C sind die Konzentrationen innen und außen jedoch gleich. Dies lässt sich auf die verstärkte Lüftung in der warmen Jahreszeit zurückführen, die dazu führt, dass sich Konzentrationsgefälle zwischen Innenraum- und Umgebungsluft angleichen.

Abbildung 22: Massenkonzentration für Feinstaubgebundene PAKs innen und außen in Abhängigkeit von der Außentemperatur.



Abgebildet sind hier die aufsummierten Konzentrationen (MW 202: Pyren, Fluoranthen; MW 228: Benz[*a*]anthracen, Chrysen; MW 252: Benzo[*a*]pyren, Benzo[*e*]pyren, Benzo[*b*]fluoranthen, Benzo[*j*]fluoranthen, Benzo[*k*]fluoranthen; MW > 270: Benzo[*g,h,i*]perylen, Indeno[1,2,3-*cd*]pyren, Dibenzo[*a,h*]anthracen)

Quelle: eigene Darstellung, UBA

Die Konzentration von Schadstoffen in der Außenluft in den Wintermonaten ist aus mehreren Gründen höher als in den Sommermonaten (Tabelle 15): Zum einen wird bei niedrigeren Temperaturen verstärkt geheizt, also mehr Feinstaub emittiert. Andererseits weist die Troposphäre im Winter eine geringere Höhe auf, weshalb sich zusätzlich die emittierten Schadstoffe über ein kleineres Luftvolumen verteilen und höhere Anreicherungen in Bodennähe erzeugen.

Tabelle 15: Verhältnisse der Winter- / Sommerkonzentration der PAKs

	MW 202	MW 228	MW 252	MW >270	PM _{2,5}
Innenraumluft	2,2	3,6	4,7	5,6	1,1 (1,4*)
Außenluft	11,6	12,1	9,7	10,7	2,0

MW 202: Pyren, Fluoranthen, MW 228: Benz[*a*]anthracen, Chrysen, MW 252: Benzo[*a*]pyren, Benzo[*e*]pyren, Benzo[*b*]fluoranthen, Benzo[*j*]fluoranthen, Benzo[*k*]fluoranthen, MW >270: Benzo[*g,h,i*]perylen, Indeno[1,2,3-*cd*]pyren, Dibenzo[*a,h*]anthracen, PM_{2,5}: Feinstaubfraktion mit Korngröße ≤ 2,5 µm.

3.4 Ultrafeine Partikel (UFP) im Innenraum

3.4.1 Überblick: UFP

Die untersuchten UFP lassen sich in verschiedene Gruppen einteilen, die nachfolgend in Tabelle 16 beschrieben werden. Genannt werden der strukturelle Aufbau der Parameter und typische Emissionsquellen, wobei die Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Hinzu kommt stets die Möglichkeit eines Eintrags von UFP aus Quellen aus der Außenluft (z.B. Verbrennungsmotoren).

Tabelle 16: Typische Emissionsquellen der UFP im Innenraum.

Stoffgruppe	Beschreibung	Typische Emissionsquellen
UFP	ultrafeine Partikel im Größenbereich < 100 nm	Kleinf Feuerungsanlagen, Waldbrände, offene Flammen (Kerzen, Ethanoöfen, Kaminöfen, Gasherde), Haushaltsgeräte mit starken Wärmequellen (Toaster, Heizkörper, Herdplatten, Haartrockner), Laserdrucker, 3D-Drucker, Erzeugung von neuen Partikeln durch Sekundärprozesse

3.4.2 Statistik der UFP

UFP

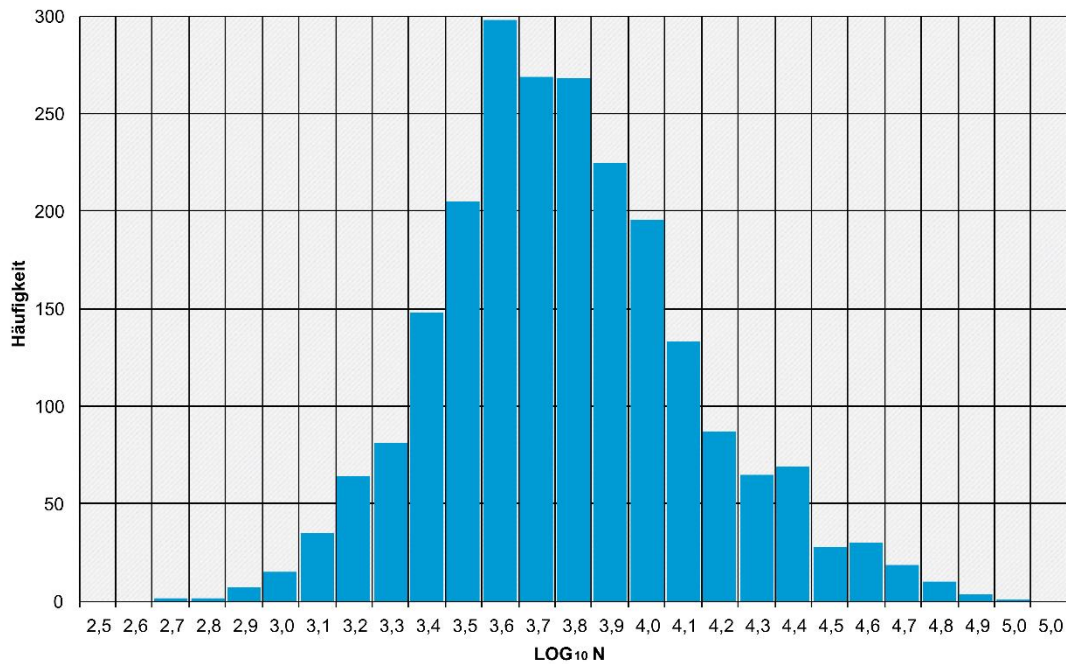
Dieser Abschnitt verwendet Teile der bereits in Birmili et al. (2020) vorgestellten Ergebnisse. Abbildung 23 zeigt, dass die Häufigkeitsverteilung, der in den Wohnungen gemessenen Partikelanzahlkonzentration, stark einer Lognormalverteilung ähnelt (Birmili et al., 2020). Die statistischen Kenngrößen von $N > 10$ waren im Einzelnen: 2.300 cm^{-3} (10. Perzentil), 5.470 cm^{-3} (Median), 5.890 cm^{-3} (geometrischer Mittelwert), 8.470 cm^{-3} (arithmetischer Mittelwert), 18.300 cm^{-3} (90. Perzentil) und 96.800 cm^{-3} (Maximum) (Tabelle 17). Die Mediane der UFP-Anzahlkonzentrationen im Innenraum liegen zwischen den Außenluftniveaus an ländlichen bzw. städtischen Hintergrundmessstationen (Birmili et al., 2015; Sun et al., 2019).

Tabelle 17: Partikelanzahlkonzentration in der Innenraumluft (in p. cm^{-3}) in Haushalten mit 3- bis 17-jährigen Kindern in Deutschland.

	N	P10	P50	P90	P95	MAX	AM	GM
Partikelanzahlkonzentration [p. cm^{-3}]	2172	2300	5470	18300	26300	96800	8470	5890

N: Anzahl der analysierten Proben, P10 = 10. Perzentil etc., MAX = Maximum, AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel

Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung der bei GerES V gemessenen Partikelanzahlkonzentration.



Partikelanzahlkonzentration $N > 10$ in p. cm^{-3} auf logarithmierter Abszisse ($n = 2172$).

Quelle: Birmili et al. (2020)

Bei GerES V wurden mittels eines persönlichen Interviews und eines Fragebogens zahlreiche Kenndaten der Teilnehmenden erfasst, so z.B. auch zu den baulichen Eigenschaften der Wohnung bzw. zu den sozioökonomischen Faktoren des Haushaltes. Diese Fragebogendaten wurden genutzt, um Zusammenhänge zu Schadstoffdaten zu untersuchen. So wurden z.B. in den Innenräumen in Großstädten (BIK⁴ 7–10; > 100.000 Einw.) im geometrischen Mittel 6.170 Partikel pro cm^3 gezählt; dies sind signifikant ($p \leq 0,001$) mehr als in mittelgroßen Städten (BIK 5–6; 50.000–100.000 Einw.; 5.150 cm^{-3}) bzw. kleinen Städten und ländlichen Bereichen (BIK 1–4; < 50.000 Einw.; 5.380 cm^{-3}).

Die Innenraumluft stammt bekanntermaßen zu mehr oder weniger großen Anteilen aus der Außenluft. Da die Außenluftkonzentrationen an UFP in größeren Gemeinden und Städten tendenziell höher ist als in kleineren und ländlichen Gemeinden (Sun et al., 2019), legen die Ergebnisse nahe, dass der Außenluft-Effekt in den Innenraum hineinwirkt.

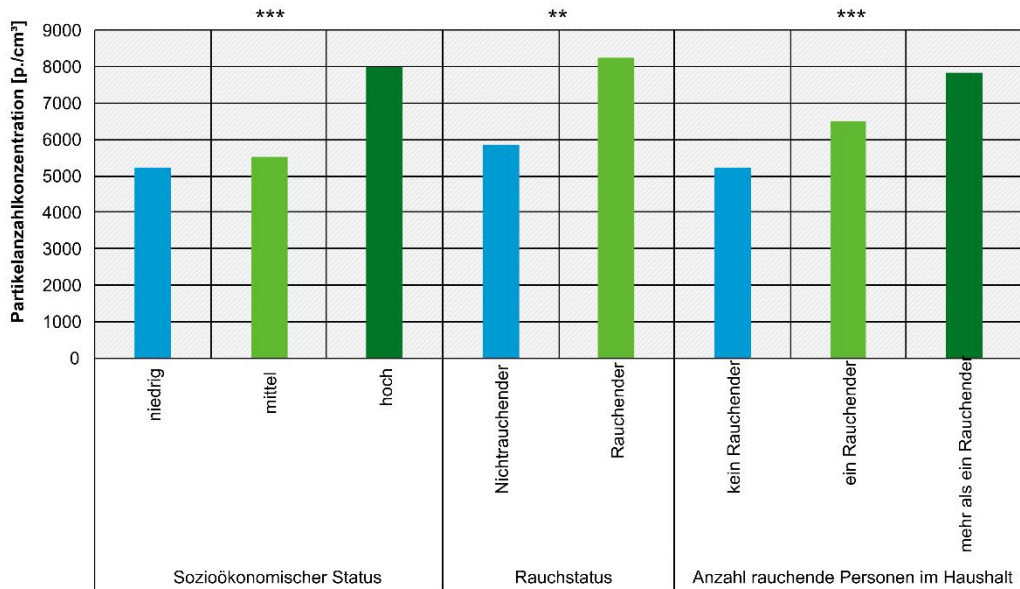
Überraschenderweise wurde die stärkste Abhängigkeit der Partikelanzahlkonzentration als Funktion des sozioökonomischen Status beobachtet: In Haushalten mit niedrigem sozioökonomischen Status wurde eine Partikelanzahlkonzentration (geom. Mittelwert) von 7.970 cm^{-3} bestimmt, in Haushalten mit hohem sozioökonomischen Status lediglich 5.230 cm^{-3} (Abbildung 24). Ein ähnlich starker Zusammenhang fand sich beim Faktor „Migrationshintergrund“. In den Räumen von Kindern und Jugendlichen mit ein- oder zweiseitigem Migrationshintergrund war eine signifikant höhere Konzentration zu finden (6.210 bzw. 7.820 cm^{-3}) als bei Kindern und Jugendlichen ohne Migrationshintergrund (5.440 cm^{-3}).

Die Betrachtung des Raucherstatus der beteiligten Haushalte legt jedoch nahe, dass hier der entscheidende Faktor zu suchen ist. Im Fall, dass das Kind oder der Jugendliche selbst rauchen

⁴ Die BIK-Gemeindegrößenkennzahl ist eine bundesweite räumliche Gliederungssystematik auf Gemeindeebene.

(2,2 % der Fälle) oder dass im Haushalt ein oder mehrere Rauchende leben, war die Partikelanzahlkonzentration signifikant erhöht (siehe Abbildung 24). Die Parallelität mit dem sozioökonomischen Status lässt sich anhand der zugrundeliegenden Daten der Studie KiGGS Welle 2 so erklären, dass Heranwachsende mit hohem sozioökonomischen Status in der Tat seltener rauchen als Gleichaltrige aus der mittleren beziehungsweise niedrigen Statusgruppe (Zeiger et al., 2018).

Abbildung 24: Unterschiede der bei GerES V gemessenen Partikelanzahlkonzentration $N > 10$ als Funktion von sozioökonomischem Status des Haushaltes und dem Raucherstatus.



Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$. Der Umfang der Gesamtstichprobe beträgt $n=2172$.

Quelle: Birmili et al. (2020)

4 Fazit

In GerES wurde die Schadstoffbelastung der Innenraumluft der Wohnungen von Kindern und Jugendlichen in Form folgender Parameter bestimmt:

- ▶ 60 VOC-Einzelverbindungen aus dem Bereich der Alkane, Aromaten, Alkohole, Carbonsäureester, Glykolether, Siloxane, Terpene sowie TVOC
- ▶ 14 Verbindungen der Aldehyde, darunter Formaldehyd
- ▶ 12 Verbindungen der PAK in der Partikelphase PM_{2,5}
- ▶ Die Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel (UFP)

Die aus der einwöchigen Passivsammlung ermittelten Stoffkonzentrationen an VOC und Aldehyden spiegeln die üblichen Nutzungsbedingungen im Haushalt wider. Dies betrifft sowohl das Verhalten der Teilnehmenden als auch den Lüftungszustand des Gebäudes.

Gültige Daten konnten für je 615 Teilnehmende (VOC und Aldehyde), 77 Teilnehmende (PAK) sowie 2172 Teilnehmende (UFP) ermittelt werden.

Für die meisten Substanzen wurden, wie für verstreut eingesammelte Messdaten aus der Umwelt, breite Häufigkeitsverteilungen ermittelt, die sich über 2 oder mehr Größenordnungen ausdehnten. Für die meisten Stoffe war die analytische Bestimmungsgrenze ausreichend, um das Spektrum der auftretenden Messwerte sicher abzubilden. Andere Stoffe kamen wiederum nur so selten vor, dass die meisten Messwerte unter der Bestimmungsgrenze lagen.

Auf Basis der VOC- und Aldehydmessungen bei GerES V kann die Innenraumluftqualität in deutschen Kinder- und Jugendzimmern als überwiegend gut bezeichnet werden.

Ein Vergleich mit den toxikologisch abgeleiteten Richtwerten des AIR zeigte, dass die AIR-Richtwerte II (Gefahrenwert) bei keiner Substanz und in keiner Wohnung überschritten war. Richtwerte I (Vorsorgewerte) einer Substanz wurden nur in weniger als 2 % der Haushalte überschritten. Beispielsweise wurde der Richtwert I für Formaldehyd (100 µg m⁻³) in einem von 615 Fällen überschritten. Die verbleibende Zahl an Überschreitungen legt jedoch nahe, dass zur Erlangung flächendeckend unbedenklicher Konzentrationen noch Handlungsbedarf besteht. Dies könnte zum Beispiel in Form einer verbesserten in der Aufklärung der Raumnutzer*innen bei der Auswahl von Bauprodukten oder der Verwendung von Haushaltsprodukten im Innenraum bestehen.

Der Rauchstatus, d.h. rauchende Teilnehmende bzw. rauchende Personen im Haushalt erwies sich als ein wesentlicher Einflussfaktor für eine ungünstige Luftqualität in der Innenraumluft der Wohnungen, feststellbar an höheren Konzentrationen an Benzen, Naphthalin, TVOC und UFP. Stark befahrene Hauptstraßen im Umfeld der Wohnung korrelierten ebenfalls mit höheren Konzentrationen an Benzen. Beide Ergebnisse geben Hinweise, dass Verbrennungsprozesse innerhalb wie auch außerhalb der Wohnung die Konzentrationen an VOC und Partikeln in der Innenraumluft beeinflussen.

Vereinzelt konnten geschlechtsspezifische Effekte ermittelt werden, beispielsweise bei dem Glykolether TXIB®. Hier waren die Konzentrationen in den Zimmern von Mädchen signifikant höher als in den Zimmern von Jungen. Selbiges betätigte sich auch für TVOC. Für TXIB® gab es auch einen altersspezifischen Effekt. Bei jungen Kindern (3–5 Jahre) waren die Konzentrationen signifikant höher als bei älteren Kindern und Jugendlichen. Glykolether kommen z.B. in Farben und Beschichtungen vor, und man kann vermuten, dass die Unterschiede von der Nutzung bestimmter Produkte, z.B. Spielzeug oder Einrichtungsgegenstände, im Innenraum herrühren.

Die Anwesenheit von Vollholzmöbeln im Raum korrelierte mit erhöhten Konzentrationen an Terpenen (α -Pinen und δ -3 Caren), ein durchaus zu erwartendes Ergebnis. Die Anwendung von Kosmetikprodukten (Körper-Waschlotion, Duschgel, Körperlotion, Cremes, Deodorants) korrelierten mit erhöhten Konzentrationen an Siloxanen (D5). Der Duftstoff Limonen korrelierte mit höherem sozioökonomischem Status sowie mit dem Migrationshintergrund. Dies könnte auf unterschiedliche Präferenzen und Nutzung entsprechender Konsumprodukte hindeuten.

Da in der früheren Bevölkerungsstudie GerES IV teilweise dieselben Analyten bestimmt wurden, war es möglich, Unterschiede von GerES IV (2003-2006) zu GerES V (2014-2017) zu betrachten. Insgesamt gingen die Konzentrationen an VOC in den Innenräumen von der früheren zur späteren Studie zurück. Besonders auffällig war der Rückgang bei den Aromaten und Alkanen, im Fall von Toluol um ca. 60 %. Dies ist grundsätzlich konsistent mit niedrigen Konzentrationen der Aromaten und Alkane in der Außenluft, was auch indirekt zu niedrigeren Einträgen in die Innenraumluft führt. Messnetzdaten für die Außenluft zeigen, dass zum Beispiel Benzene über den gleichen Zeitraum um 40 % gesunken ist.

Bei 2-Ethylhexanol und dem bereit genannten TXIB® waren hingegen Zunahmen zu verzeichnen. Hier wird vermutet, dass die Anstiege mit einer erweiterten Anwendung in Produkten wie lösemittelarmen und wasserbasierten Farben sowie Klebstoffen zusammenhängen könnte.

In einem speziellen Modul zur Feinstaubbelastung wurden die Konzentrationen von zwölf polyaromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in 77 Wohnungen ermittelt. Hierbei kamen sowohl Innen- als auch Außenluftmessungen zum Einsatz. Für die Leitsubstanz Benzo[a]pyren wurde ein geometrisches Mittel von $0,13 \text{ ng m}^{-3}$ von $\text{PM}_{2,5}$ ermittelt. Das mittlere Innenraum-/Außenraum-Verhältnis betrug 0,81. Hohe PAK-Konzentrationen traten vornehmlich in der kalten Jahreszeit auf. Eine Ursache sind die höheren Feinstaubbelastungen bei kalten Wetterlagen, als vermutliche Kombination erhöhter Emissionen aus Heizungsanlagen sowie ungünstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen.

Insgesamt sei das Fazit erlaubt, dass die Innenraumluftqualität in deutschen Kinder- und Jugendzimmern überwiegend als gut bezeichnet werden kann. Richtwerte I (Vorsorgewerte) einer Substanz wurden nur in weniger als 2 % der Haushalte überschritten.

Einträge von Schadstoffen aus der Außenluft sind im Vergleich zur früheren Studie GerES IV offenbar geringer geworden. Dies korreliert mit einer Abnahme von Schadstoffkonzentrationen in der Außenluft. Gleichzeitig ist eine Zunahme einzelner Substanzen aus dem Bereich der Lösungsmittel zu verzeichnen. Erhöhte Konzentrationen bestimmter Stoffe deuten auf einen Einfluss individuellen Verhaltens wie das Rauchen oder die Nutzung bestimmter Konsum- bzw. Lifestyle-Produkte hin.

5 Quellenverzeichnis

- AgBB. (2023). Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-zur-gesundheitlichen-bewertung-von>.
- AIR. (2013). Ausschuss für Innenraumrichtwerte. Umweltbundesamt; Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/galerie/die-richtwerte-i-ii-fuer-stoffe-in-der>
- Baeza_Romero, M. T., Dudzinska, M. R., Torkmahalleh, M. A., Barros, N., Coggins, A. M., Ruzgar, D. G., Kildsgaard, I., Naseri, M., Rong, L., Saffell, J., Scutaru, A. M. & Staszowska, A. (2022). A review of critical residential buildings parameters and activities when investigating indoor air quality and pollutants. *Indoor Air*, 32(11), e13144. <https://doi.org/10.1111/INA.13144>
- BfR. (2006). Toxikologische Bewertung von Formaldehyd - Stellungnahme des BfR Nr. 023/2006 vom 30. März 2006.
- Birmili, W., Daniels, A., Bethke, R., Schechner, N., Brasse, G., Conrad, A., Kolossa-Gehring, M., Debiak, M., Hurraß, J., Uhde, E., Omelan, A. & Salthammer, T. (2022). Formaldehyde, aliphatic aldehydes (C2-C11), furfural, and benzaldehyde in the residential indoor air of children and adolescents during the German Environmental Survey 2014–2017 (GerES V). *Indoor Air*, 32(1), e12927. <https://doi.org/10.1111/INA.12927>
- Birmili, W., Hurraß, J. & Straff, W. (2021). Schadstoffbelastung der Innenraumluft – Prävalenz, Bedeutung und Implikationen für die Prävention und Gesundheitsförderung. In M. Tiemann & M. Mohokum (Eds.), *Prävention und Gesundheitsförderung. Springer Reference Pflege – Therapie – Gesundheit* (pp. 491–509). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-62426-5_39
- Birmili, W., Pietsch, A., Niemeyer, T., Kura, J., Hoffmann, S., Daniels, A., Zhao, J., Sun, J., Wehner, B. & Wiedensohler, A. (2020). Abundance and sources of ultrafine particles in indoor and ambient air - current state of knowledge (Vorkommen und Quellen ultrafeiner Partikel im Innenraum und in der Außenluft - Aktueller Kenntnisstand), in German. *Gefahrstoffe Reinhaltung Der Luft*, 80(NR. 01-02), 33–43.
<https://doi.org/10.37544/0949-8036-2020-01-02-35>
- Birmili, W., Sun, J., Weinhold, K., Merkel, M., Rasch, F., Spindler, G., Wiedensohler, A., Bastian, S., Loeschau, G., Schladitz, A., Quass, U., Kuhlbusch, T. A. J., Kaminski, H., Cyrys, J., Pitz, M., Gu, J., Peters, A., Flentje, H., Meinhardt, F., ... Weber, S. (2015). Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) Part 3: Black Carbon mass and particle number concentrations 2009 to 2014. *Gefahrstoffe, Reinhaltung Der Luft*, 75(11/12), 137–145.
https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3338885
- Brasche, S. & Bischof, W. (2005). Daily time spent indoors in German homes – Baseline data for the assessment of indoor exposure of German occupants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 208(4), 247–253. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2005.03.003>
- Brozowski, F. (2024). Formaldehydemissionen aus Holzwerkstoffen und Möbeln – aktuelle Entwicklungen in Deutschland und der EU. In UMID 01/2024. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umid-012024>
- Cometto-Muñiz, J. E., Cain, W. S. & Abraham, M. H. (2004). Detection of single and mixed VOCs by smell and by sensory irritation. *Indoor Air*, 14(8), 108–117. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0668.2004.00297.X>
- Costabile, F., Birmili, W., Klose, S., Tuch, T., Wehner, B., Wiedensohler, A., Franck, U., König, K. & Sonntag, A. (2009). Spatio-temporal variability and principal components of the particle number size distribution in an urban atmosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 3163–3195. <https://doi.org/10.5194/acp-9-3163-2009>

Elsevier Connect. (2020). 12 erstaunliche Zahlen zur Lunge. www.elsevier.com. <https://www.elsevier.com/de-de/connect/zahlen-zur-lunge>

Fromme, H., Debiak, M., Sagunski, H., Röhl, C., Kraft, M. & Kolossa-Gehring, M. (2019). The German approach to regulate indoor air contaminants. In *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (Vol. 222, Issue 3, pp. 347–354). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.12.012>

Fromme, H., Lahrz, T., Piloty, M., Gebhardt, H., Oddoy, A. & Rüdén, H. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbons inside and outside of apartments in an urban area. *Science of The Total Environment*, 326, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.02.002>

Größ, J., Hamed, A., Sonntag, A., Spindler, G., Manninen, H. E., Nieminen, T., Kulmala, M., Hörrak, U., Plass-Dülmer, C., Wiedensohler, A. & Birmili, W. (2018). Atmospheric new particle formation at the research station Melpitz, Germany: connection with gaseous precursors and meteorological parameters. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(3), 1835–1861. <https://doi.org/10.5194/acp-18-1835-2018>

HEI Review Panel on Ultrafine Particles. (2013). Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles (HEI Perspective 3). Health Effects Institute. <https://www.healtheffects.org/publication/understanding-health-effects-ambient-ultrafine-particles>

Hellack, B., Soppa, V., Quass, U., Kaminski, H., Neumeyer-Sickinger, A., Buschka, A., Albrecht, C., Weinmayer, G., Schins, R., Hoffmann, B. & Kuhlbusch, T. (2014). Effekte von Partikeln aus Innenraum-Aktivitäten (EPIA) - (Untersuchungen zur Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikel aus Quellen im Innenraum: chemisch-physikalische Charakterisierung der Partikel und Studien zur gesundheitlichen Wirkung). Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Forschungskennzahl: 371162205.

Hoffmann, R., Lange, M., Butschalowsky, H., Houben, R., Schmich, P., Allen, J., Kuhnert, R., Rosario, A. S. & Gößwald, A. (2018). KiGGS Wave 2 cross-sectional study – participant acquisition, response rates and representativeness. *Journal of Health Monitoring*, 3(1), 78–91. <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2018-032>

ISO/TC 146/SC 2 - Workplace atmospheres. (1980). ISO. <https://www.iso.org/committee/52736.html>

Kumar, P., Morawska, L., Birmili, W., Paasonen, P., Hu, M., Kulmala, M., Harrison, R. M., Norford, L. & Britter, R. (2014). Ultrafine particles in cities. *Environment International*, 66, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.013>

Ma, N. & Birmili, W. (2015). Estimating the contribution of photochemical particle formation to ultrafine particle number averages in an urban atmosphere. *Science of The Total Environment*, 512–513, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.009>

Mølhav, L., Grønkjær, J. & Larsen, S. (1991). Subjective reactions to volatile organic compounds as air pollutants. *Atmospheric Environment*, 25(7), 1283–1293. [https://doi.org/10.1016/0960-1686\(91\)90240-8](https://doi.org/10.1016/0960-1686(91)90240-8)

Murawski, A., Lange, R., Lemke, N., Zimmermann, P., Peisker, J., Rucic, E., Hahn, D., Dębiak, M. & Kolossa-Gehring, M. (2023). Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V). Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/deutsche-umweltstudie-zur-gesundheit-von-kindern-0>

Nisbet, I. C. T. & LaGoy, P. K. (1992). Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 16, 290–300. [https://doi.org/10.1016/0273-2300\(92\)90009-X](https://doi.org/10.1016/0273-2300(92)90009-X)

Nürnberg, F., Gusbeth, K., Maybaum, B. & Breuer, D. (2018). Qualitätssicherung durch Ringversuche zur Bestimmung von Aldehyden in Arbeitsplatzluftproben. *Gefahrstoffe–Reinhalt Luft*, 78, 127–132.

Ohlwein, S., Kappeler, R., Kutlar Joss, M., Künzli, N. & Hoffmann, B. (2019). Health effects of ultrafine particles: a systematic literature review update of epidemiological evidence. *International Journal of Public Health*, 64, 547–559. <https://doi.org/10.1007/s00038-019-01202-7>

- Paciência, I., Madureira, J., Rufo, J., Moreira, A. & Fernandes, E. de O. (2016). A systematic review of evidence and implications of spatial and seasonal variations of volatile organic compounds (VOC) in indoor human environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 19(2), 47–64.
<https://doi.org/10.1080/10937404.2015.1134371>
- Rückerl, R., Schneider, A., Breitner, S., Cyrus, J. & Peters, A. (2011). Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology*, 23(10), 555–592.
<https://doi.org/10.3109/08958378.2011.593587>
- Salthammer, T. (2016). Very volatile organic compounds: an understudied class of indoor air pollutants. *Indoor Air*, 26(1), 25–38. <https://doi.org/10.1111/INA.12173>
- Salthammer, T. (2022). TVOC - Revisited. *Environment International*, 167, 107440.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2022.107440>
- Salthammer, T., Mentese, S. & Marutzky, R. (2010). Formaldehyde in the Indoor Environment. *Chemical Reviews*, 110, 2536–2572. <https://doi.org/10.1021/cr800399g>
- Salthammer, Tunga. (2023). Analytical chemistry of carbonyl compounds in indoor air. *Analyst*, 148(15), 3432–3451. <https://doi.org/10.1039/D3AN00822C>
- Schripp, T., Kirsch, I. & Salthammer, T. (2011). Characterization of particle emission from household electrical appliances. *Science of The Total Environment*, 409, 2534–2540.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.03.033>
- Schulz, C., Conrad, A., Becker, K., Kolossa-Gehring, M., Seiwert, M. & Seifert, B. (2007). Twenty years of the German Environmental Survey (GerES): Human biomonitoring – Temporal and spatial (West Germany/East Germany) differences in population exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210, 271–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2007.01.034>
- Schulz, Christine, Ullrich, D., Pick-Fuß, H., Seiwert, M., Conrad, A., Brenske, K.-R., Hünken, A., Lehmann, A. & Kolossa-Gehring, M. (2010). Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06: Innenraumluft – Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern in Deutschland. 03/2010.
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4011.html>
- Seifert, B. (1999). Richtwerte für die Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 270–278. https://doi.org/10.1007/978-3-662-38283-7_45
- SKC. (2024). UMEEx 100 Formaldehyde. <https://www.skcltd.com/products2/passive-samplers/umex-100-formaldehyde.html>
- Sun, J., Birmili, W., Hermann, M., Tuch, T., Weinhold, K., Spindler, G., Schladitz, A., Bastian, S., Löschau, G., Cyrus, J., Gu, J., Flentje, H., Briel, B., Asbach, C., Kaminski, H., Ries, L., Sohmer, R., Gerwig, H., Wirtz, K., ... Wiedensohler, A. (2019). Variability of black carbon mass concentrations, sub-micrometer particle number concentrations and size distributions: results of the German Ultrafine Aerosol Network ranging from city street to High Alpine locations. *Atmospheric Environment*, 202, 256–268.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.029>
- UBA. (2016). Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe - Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar? Umweltbundesamt, Hintergrund(Januar 2016).
www.umweltbundesamt.de/publikationen/polyzyklischearomatische-kohlenwasserstoffe
- Wallace, L., Jeong, S.-G. & Rim, D. (2019). Dynamic behavior of indoor ultrafine particles (2.3–64 nm) due to burning candles in a residence. *Indoor Air*, 29(6), 1018–1027. <https://doi.org/10.1111/ina.12592>
- Waring, M. S., Wells, J. R. & Siegel, J. A. (2011). Secondary organic aerosol formation from ozone reactions with single terpenoids and terpenoid mixtures. *Atmospheric Environment*, 45, 4235–4242.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.05.001>

WHO. (2010). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>

Wolkoff, P. (1995). Volatile Organic Compounds Sources, Measurements, Emissions, and the Impact on Indoor Air Quality. *Indoor Air*, 9–73. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1995.tb00017.x>

Zeiger, J., Starker, A. & Kuntz, B. (2018). Rauchverhalten von Kindern und Jugendlichen in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. *Journal of Health Monitoring*, 3(1).

<https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2018-008>

A Anhang: Technische Parameter Analytik

Nachstehende Tabelle A 1 fasst die verwendeten Aufnahme­raten U in mL min⁻¹, Bestimmungsgrenzen BG in µg m⁻³, Retentionszeiten t_R in min und Massen des Selected-Ion-Monitorings (SIM) (Quantifier sowie Qualifier I und II) der in GerES V untersuchten VOC zusammen.

Tabelle A 1 Aufnahme­raten U , Bestimmungsgrenzen BG, Retentionszeiten t_R und SIM-Massen (Quantifier sowie Qualifier I und II) der untersuchten VOC.

VOC: Substanz	t_R [min]	Quant m/z	Qual I m/z	Qual II m/z	BG [µg m ⁻³]	U [mL min ⁻¹]
2-Butanon	6,40	72	50	38	1,3	0,287
<i>n</i> -Hexan	6,43	56	71	86	2,7	0,220
Ethylacetat	6,82	70	61	88	1,8	0,304
<i>iso</i> -Butanol	7,14	41	74	43	1,1	0,322
1,1,1-Trichlorethan	7,75	97	99	61	1,0	0,450
Benzen	8,21	78	77	52	1,0	0,320
Cyclohexan	8,22	84	69	85	1,0	0,440
2PG1ME (2-Propylenglykol-1-methylether)	8,50	45	47	75	1,0	0,340
<i>n</i> -Heptan	9,27	57	71	100	1,0	0,302
Trichlorethen	9,37	130	132	95	0,7	0,297
EGEE (Ethylenglykolmonoethylether)	9,72	59	72	45	5,0	0,357
Methylcyclohexan	10,19	83	98	55	0,7	0,410
Methylisobutylketon	10,71	43	58	100	0,7	0,372
Toluen	11,77	91	92	65	0,6	0,378
<i>n</i> -Octan	12,82	85	70	114	1,0	0,332
Butylacetat	13,36	43	56	73	0,7	0,373
Tetrachlorethen	13,37	166	164	129	0,6	0,340
D3 (Hexamethylcyclotrisiloxan)	13,50	207	208	191	1,1	0,40
Ethylbenzen	15,25	91	106	65	0,6	0,395
1-Methoxy-2-propanolacetat	15,32	43	72	45	0,6	0,375
<i>m</i> -, <i>p</i> -Xylen	15,54	91	106	77	0,6	0,395
Styren	16,32	104	78	51	0,8	0,425
<i>o</i> -Xylen	16,41	91	106	105	0,7	0,403
<i>n</i> -Nonan	16,41	57	85	128	1,0	0,330
EGBE (Ethylenglykolbutylether)	16,67	57	41	75	5,0	0,400
Isopropylbenzen	17,49	105	120	103	0,7	0,392

VOC: Substanz	t _R [min]	Quant m/z	Qual I m/z	Qual II m/z	BG [µg m ⁻³]	U [mL min ⁻¹]
α-Pinen	17,86	93	92	121	0,6	0,296
1-Butoxy-2-propanol	17,88	57	45	87	2,0	0,386
Diglyme (Diethylenglykoldimethylether)	18,12	59	58	89	1,0	0,35
n-Propylbenzen	18,50	91	120	65	0,6	0,398
3-Ethyltoluen	18,76	120	105	77	1,0	0,394
4-Ethyltoluen	18,81	120	105	77	1,0	0,401
1,3,5-Trimethylbenzen	18,98	105	120	77	0,7	0,390
Phenol	19,17	94	66	39	1,0	0,37
β-Pinen	19,38	93	41	136	1,0	0,297
D4 (Octamethylcyclotetrasiloxan)	19,41	281	282	193	1,0	0,40
2-Ethyltoluen	19,41	105	120	103	1,0	0,397
n-Decan	19,76	57	71	142	0,7	0,331
1,2,4-Trimethylbenzen	19,85	120	105	106	0,7	0,398
δ-3-Caren	20,40	93	91	77	0,8	0,332
1,4-Dichlorbenzen	20,54	146	148	111	0,7	0,421
2-Ethylhexanol	20,72	57	70	83	0,7	0,346
1,2,3-Trimethylbenzen	20,85	105	120	77	0,7	0,398
Limonen	20,96	68	67	93	0,7	0,363
EGBEA (Ethylenglykolbutyletheracetat)	22,51	57	87	100	5,0	0,295
n-Undecan	22,83	57	71	156	0,7	0,304
D5 (Decamethylcyclopentasiloxan)	24,07	73	267	268	1,0	0,40
DEGBE (Diethylenglykolbutylether)	25,50	45	75	87	19,0	0,288
n-Dodecan	25,66	57	71	170	0,7	0,293
Naphthalin	25,94	128	127	102	0,6	0,412
2-Phenoxyethanol	26,57	94	138	95	2,8	0,386
DPGBE (Dipropylenglykolmonobutylether)	26,98	59	103	45	5,1	0,252
1-Phenoxy-2-propanol	27,23	94	77	152	2,9	0,332
n-Tridecan	28,28	57	71	184	0,7	0,271
4-Phenylcyclohexen	29,82	104	158	115	0,6	0,356
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrat (Texanol®)	30,52	89	71	173	4,5	0,234
n-Tetradecan	30,74	57	71	198	0,8	0,253
Longifolen	31,90	161	189	119	5,0	0,271

VOC: Substanz	t_R [min]	Quant m/z	Qual I m/z	Qual II m/z	BG [$\mu\text{g m}^{-3}$]	U [mL min ⁻¹]
<i>n</i> -Pentadecan	33,04	57	71	212	0,8	0,260
<i>n</i> -Hexadecan	35,21	57	71	226	0,8	0,260
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrat (TXIB®)	35,48	71	43	111	0,7	0,250
<i>n</i> -Heptadecan	37,26	57	71	240	0,8	0,250
<i>n</i> -Octadecan	39,20	57	71	254	0,9	0,250

Die Retentionszeiten können sich verschieben, da die Trennsäule nach Bedarf gekürzt oder ersetzt wurde.

Nachstehende Tabelle A 2 fasst die verwendeten Aufnahme­raten U in mL min⁻¹, Bestimmungsgrenzen BG in $\mu\text{g m}^{-3}$, Retentionszeiten t_R in min und MRM-Massen­fragment­übergänge (Quantifier sowie Qualifier) der in GerES V untersuchten Aldehyde zusammen.

Tabelle A 2 Aufnahme­raten U , Bestimmungsgrenzen BG, Retentionszeiten t_R und MRM-Massen­fragment­übergänge (Quantifier sowie Qualifier) der untersuchten Aldehyde bzw. deren DNP­H-Derivate.

Aldehyde: Substanz	t_R [min]	MRM Quant DNP­H-Derivat	MRM Qual DNP­H-Derivat	BG [$\mu\text{g m}^{-3}$]	U [mL min ⁻¹]
Formaldehyd	2,23	208,944→150,8	208,944→162,9	0,7	20,40
Acetaldehyd	3,52	223,026→150,8	223,026→162,9	0,6	22,80
<i>n</i> -Propanal	6,46	236,955→162,9	236,902→177,9	0,3	14,00
Furfural	7,19	274,972→227,9	274,972→163,0	0,2	10,83
<i>n</i> -Butanal	10,12	251,021→151,8	251,021→162,9	0,27	15,80
Benzaldehyd	13,24	285,130→163,0	285,130→120,8	0,2	13,50
<i>iso</i> -Pentanal	13,50	279,110→163,0	279,110→151,9	0,4	15,50
<i>n</i> -Pentanal	14,08	293,010→151,8	293,010→163,0	0,14	15,40
<i>n</i> -Hexanal	16,19	307,280→151,8	307,280→162,9	0,6	9,66
<i>n</i> -Heptanal	17,57	321,084→162,9	321,084→151,8	0,5	12,80
<i>n</i> -Octanal	18,68	335,339→163,0	335,339→151,8	0,4	14,80
<i>n</i> -Nonanal	19,67	348,958→163,0	348,958→151,8	0,5	11,60
<i>n</i> -Decanal	20,62	285,130→163,0	285,130→120,8	0,5	10,40
<i>n</i> -Undecanal	21,15	265,019→151,8	265,030→163,0	0,6	10,83

Die Retentionszeiten können sich verschieben, da die Trennsäule bei Bedarf ersetzt wurde.

Nachstehende Tabelle A 3 fasst die verwendeten Bestimmungsgrenzen BG in ng m⁻³ der in GerES V untersuchten PAKs zusammen.

Tabelle A 3 Bestimmungsgrenzen BG der untersuchten PAKs.

PAK: Substanz	BG Innen [ng m ⁻³]	BG Außen [ng m ⁻³]
Acenaphthen	0,117	0,120
Acenaphthylen	0,212	0,218
Anthracen	0,087	0,090
Benzo[<i>a</i>]anthracen	0,028	0,029
Benzo[<i>a</i>]pyren	0,032	0,033
Benzo[<i>e</i>]pyren	0,047	0,048
Benzo[<i>b</i>]fluoranthen	0,084	0,086
Benzo[<i>g,h,i</i>]perylene	0,137	0,140
Benzo[<i>j</i>]fluoranthen	0,040	0,099
Benzo[<i>k</i>]fluoranthen	0,037	0,038
Chrysen	0,020	0,020
Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracen	0,028	0,029
Fluoranthen	0,070	0,072
Fluoren	0,087	0,090
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren	0,059	0,060
Naphthalin	0,329	0,338
Phenanthren	0,172	0,176
Pyren	0,068	0,132

B Anhang: CAS-Nummern der Analyten

Tabelle B 1 CAS Nummern der in dieser Studie bestimmten Analyten, sofern bekannt

Substanzgruppe	VOC	CAS Nummer
Alkan	n-Hexan	111-27-3
Alkan	n-Heptan	142-82-5
Alkan	n-Octan	111-65-9
Alkan	n-Nonan	111-84-2
Alkan	n-Decan	124-18-5
Alkan	n-Undecan	1120-21-4
Alkan	n-Dodecan	112-40-3
Alkan	n-Tridecan	112-70-9
Alkan	n-Tetradecan	629-59-4
Alkan	n-Pentadecan	629-62-9
Alkan	n-Hexadecan	544-76-3
Alkan	n-Heptadecan	629-78-7
Alkan	n-Octadecan	593-45-3
Alkan	Cyclohexan	110-82-7
Alkan	Methylcyclohexan	108-87-2
Aromat	Benzen	71-43-2
Aromat	Toluen	108-88-3
Aromat	Ethylbenzen	100-41-4
Aromat	mp-Xylen	108-38-3; 106-42-3
Aromat	o-Xylen	95-47-6
Aromat	Isopropylbenzen	98-82-8
Aromat	n-Propylbenzen	103-65-1
Aromat	2-Ethyltoluen	611-14-3
Aromat	3-Ethyltoluen	620-14-4
Aromat	4-Ethyltoluen	622-96-8

Substanzgruppe	VOC	CAS Nummer
Aromat	123-Trimethylbenzen	526-73-8
Aromat	124-Trimethylbenzen	95-63-6
Aromat	135-Trimethylbenzen	108-67-8
Aromat	Styren	100-42-5
Naphthalin	Naphthalin	91-20-3
Naphthalin	1-Methylnaphthalin	90-12-0
Naphthalin	2-Methylnaphthalin	91-57-6
Phenol	4-Phenylcyclohexen	
Phenol	Phenol	108-95-2
Benzol	Alkylbenzole	
Kresol	mp-Kresol	108-39-4;106-44-5
Kresol	o-Kresol	95-48-7
Kresol	Kresol	1319-77-3
Terpen	α -Pinen	1064-48-8
Terpen	β -Pinen	18172-67-3
Terpen	Limonen	138-86-3
Terpen	δ -3-Caren	13466-78-9
Terpen	Longifolen	
Halogenierte	111-Trichlorethan	71-55-6
Halogenierte	Trichlorethen	79-01-6
Halogenierte	Tetrachlorethen	127-18-4
Halogenierte	14-Dichlorbenzen	106-46-7
Carbonsäureester	Ethylacetat	141-78-6
Carbonsäureester	Butylacetat	123-86-4
Carbonsäureester	1-Methoxy-2-propylacetat	108-65-6
Keton	2-Butanon	78-93-3
Keton	Methylisobutylketon	108-10-1
Alkohole	1-Butanol	71-36-3
Alkohole	Isobutanol	78-83-1

Substanzgruppe	VOC	CAS Nummer
Alkohole	Benzylalkohol	100-51-6
Sauerstoffhaltigen	Ethylenglykolmonomethylether	109-86-4
Sauerstoffhaltigen	Ethylenglykolmonoethylether	110-80-5
Sauerstoffhaltigen	Ethylenglykolmonoethylether-acetat	111-15-9
Sauerstoffhaltigen	Ethylenglykolbutylether	111-76-2
Sauerstoffhaltigen	Ethylenglykolbutylether-acetat	112-07-2
Sauerstoffhaltigen	Ethylenglykolhexylether	112-25-4
Sauerstoffhaltigen	Diethylenglykolmethylether	111-77-3
Sauerstoffhaltigen	Diethylenglykolmonoethylether	111-90-0
Sauerstoffhaltigen	Diethylenglykolbutylether	112-34-5
Sauerstoffhaltigen	Diethylenglykoldimethylether	111-96-6
Glycolether	2-Phenoxyethanol	122-99-6
Glycolether	2-Propylenglykol-1-methylether	107-98-2
Glycolether	2-Propylenglykol-1-ethylether	1569-02-4
Glycolether	2-Propylenglykol-1-tert-butylether	57018-52-7
Glycolether	1-Butoxy-2-propanol	5131-66-8
Glycolether	1-Phenoxy-2-propanol	770-35-4
Glycolether	2-Ethylhexanol	104-76-7
Glycolether	Dipropylenglykolmonobutylether	34590-94-8
Glycolether	Texanol	25265-77-4
Glycolether	TXIB	6846-50-0
Pyrrolidon	1-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4
Siloxan	D3	541-05-9
Siloxan	D4	556-67-2
Siloxan	D5	541-02-6
Siloxan	D6	540-97-6

C Anhang: Vollständige Ergebnistabellen

Die nachstehenden Tabellen präsentieren die vollständigen statistischen Kennwerte als Funktion der durch Fragebögen erfassten Merkmale bzw. definierten Hypothesen. Die Gliederung folgt den verschiedenen chemischen Substanzgruppen der VOC bzw. Aldehyde in alphabetischer Reihenfolge.

Zur Nomenklatur der nachfolgenden Ergebnistabellen:

N =	Stichprobenumfang
n < BG =	Anzahl der Werte unter Bestimmungsgrenze (BG)
% ≥ BG =	Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze
P10, P50, P90, P95, P98 =	Perzentile
MAX =	Maximalwert
AM =	arithmetisches Mittel
GM =	geometrisches Mittel
KI GM =	approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als 2/3 BG berücksichtigt; Wenn GM und/oder untere Grenze des KI < BG erfolgt keine Angabe von KI GM
Signifikanzprüfung:	t-Test (Unterschiede der GM): * (p ≤ 0,05), ** (p ≤ 0,01), *** (p ≤ 0,001)

C.1 Alkane

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 1 Alkane für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
n-Hexan	2,7	54	51	6
n-Octan	1,0	303	177	41
n-Nonan	1,0	303	159	48
n-Octadecan	0,82	302	294	3
Cyclohexan	0,65	112	61	45
Methylcyclohexan	0,67	176	96	45

Tabelle C 2 Heptan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Heptan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	303	139	54	0,7	1,3	5,6	13,7	36,7	150,0	3,61	1,63	1,45 - 1,83
Geschlecht												
Jungen	151	62	59	0,7	1,7	5,8	10,0	39,0	53,0	3,37	1,76	1,50 - 2,07
Mädchen	152	77	49	0,7	0,7	4,8	14,8	38,3	150,0	3,85	1,51	1,27 - 1,79
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	23	66	0,7	1,8	5,8	6,7	16,0	16,0	2,86	1,89	1,52 - 2,35
6 bis 10 Jahre	87	38	57	0,7	1,6	7,0	14,3	39,0	92,0	3,71	1,74	1,40 - 2,18
11 bis 13 Jahre	54	32	41	0,7	0,7	12,1	37,6	137,1	150,0	5,75	1,45	1,04 - 2,04
14 bis 17 Jahre	92	46	50	0,7	1,2	3,9	13,9	28,8	53,0	2,84	1,46	1,20 - 1,78
Gemeindetyp												
BIK 1-4	90	49	46	0,7	0,7	4,3	12,1	41,5	44,0	3,16	1,40	1,14 - 1,72
BIK 5-6	24	13	43	0,7	0,7	14,0	46,8		92,0	3,85	1,36	0,86 - 2,17
BIK 7-10	189	77	59	0,7	1,7	6,0	13,8	24,4	150,0	3,80	1,79	1,55 - 2,08
Sozioökonomischer Status												
niedrig	45	21	54	0,7	1,3	4,3	8,5		53,0	3,35	1,58	1,17 - 2,14
mittel	200	97	51	0,7	1,2	6,0	15,0	39,0	150,0	3,81	1,60	1,38 - 1,86
hoch	57	21	63	0,7	1,6	4,9	8,6	59,7	92,0	3,12	1,77	1,38 - 2,26
Wohnort												
alte Länder	258	121	53	0,7	1,3	5,2	14,2	39,0	150,0	3,59	1,59	1,40 - 1,81
neue Länder	45	18	61	0,7	2,0	7,8	14,5		92,0	3,72	1,86	1,36 - 2,55
Migrationshintergrund												
ohne	222	110	51	0,7	1,0	6,0	15,0	39,7	150,0	3,92	1,56	1,35 - 1,80
einseitig	30	11	62	0,7	1,7	5,7	16,0		16,0	2,99	1,81	1,26 - 2,61
zweiseitig	50	17	65	0,7	2,8	4,2	4,3	17,8	18,0	2,63	1,87	1,47 - 2,39
Rauchstatus												
Nichtraucher	296	139	53	0,7	1,3	5,6	14,1	37,3	150,0	3,63	1,61	1,43 - 1,82
Raucher	6	0	100	2,2	2,8				2,8	2,62	2,59	2,14 - 3,13
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	187	88	53	0,7	1,3	5,8	15,0	38,1	92,0	3,28	1,59	1,37 - 1,84
ein Raucher	71	31	57	0,7	1,5	5,3	6,0	77,9	150,0	3,96	1,65	1,31 - 2,09
mehr als ein Raucher	45	20	55	0,7	1,3	8,5	33,7		53,0	4,45	1,79	1,27 - 2,53
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen												
	11	5	54	0,7	2,0	3,7			3,7	1,73	1,36	0,82 - 2,26
vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	21	5	78	0,7	2,6	5,6	5,6		5,6	2,80	2,20	1,54 - 3,14
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren												
	70	43	39	0,7	0,7	6,3	23,0	43,0	44,0	3,36	1,30	1,00 - 1,68
vor mehr als 2 Jahren												
	202	87	57	0,7	1,6	6,0	14,1	39,0	150,0	3,88	1,73	1,49 - 1,99

Tabelle C 3 n-Decan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

n-Decan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	302	90	70	0,5	1,1	4,8	11,0	31,4	93,0	3,06	1,37	1,21 - 1,55
Geschlecht*												
Jungen	151	39	74	0,5	1,4	7,9	13,0	41,2	93,0	3,60	1,57	1,31 - 1,88
Mädchen	151	51	66	0,5	0,9	4,6	10,1	20,1	63,0	2,52	1,20	1,01 - 1,41
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	22	69	0,5	1,1	3,6	17,3	37,0	37,0	2,68	1,21	0,95 - 1,54
6 bis 10 Jahre	87	19	78	0,5	1,6	5,0	12,1	44,0	44,0	3,33	1,66	1,33 - 2,07
11 bis 13 Jahre	54	16	69	0,5	0,9	5,7	10,5	84,2	93,0	3,69	1,34	0,98 - 1,83
14 bis 17 Jahre	92	33	64	0,5	1,1	10,0	13,0	15,0	41,0	2,72	1,28	1,02 - 1,60
Gemeindetyp												
BIK 1-4	90	29	68	0,5	1,5	10,0	13,0	15,0	41,0	3,13	1,64	1,29 - 2,08
BIK 5-6	23	9	60	0,5	0,9	20,5	37,0		37,0	5,12	1,44	0,77 - 2,70
BIK 7-10	189	52	73	0,5	1,1	4,0	7,5	42,0	93,0	2,77	1,25	1,09 - 1,44
Sozioökonomischer Status*												
niedrig	45	2	96	0,7	2,4	4,4	4,4		4,4	2,32	1,99	1,66 - 2,39
mittel	200	72	64	0,5	0,9	6,7	13,0	34,9	44,0	2,96	1,24	1,06 - 1,45
hoch	57	16	72	0,5	1,3	7,9	15,1	78,3	93,0	3,99	1,46	1,08 - 1,97
Wohnort												
alte Länder	257	76	70	0,5	1,1	4,8	10,0	36,9	93,0	3,10	1,38	1,21 - 1,58
neue Länder	45	14	69	0,5	1,1	9,8	15,0		40,0	2,81	1,29	0,93 - 1,79
Migrationshintergrund												
ohne	222	74	67	0,5	1,0	4,8	13,0	22,5	93,0	2,77	1,26	1,09 - 1,44
einseitig	30	10	67	0,5	1,1	23,8	48,1		63,0	5,86	1,61	0,96 - 2,71
zweiseitig	50	6	87	0,5	2,1	6,8	10,0	10,0	10,0	2,68	1,85	1,44 - 2,37
Rauchstatus***												
Nichtraucher	296	89	70	0,5	1,1	4,5	11,5	33,2	93,0	2,96	1,33	1,18 - 1,50
Raucher	6	1	87	0,5	10,0				10,0	7,56	5,48	1,78 - 16,88
Anzahl Raucher im Haushalt*												
kein Raucher	186	62	67	0,5	1,2	4,4	11,0	37,0	44,0	2,93	1,34	1,15 - 1,56
ein Raucher	71	19	73	0,5	0,8	4,3	14,7	15,0	15,0	2,22	1,15	0,90 - 1,45
mehr als ein Raucher	45	9	81	0,5	1,7	10,0	36,1		93,0	4,93	2,00	1,41 - 2,84
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen												
	11	0	97	0,8	1,3	3,2			3,2	1,59	1,40	0,97 - 2,01
vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	21	9	56	0,5	1,0	4,2	4,2		4,2	1,71	1,10	0,71 - 1,70
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren												
	70	16	76	0,5	1,2	5,3	37,0	44,0	44,0	4,16	1,57	1,19 - 2,07
vor mehr als 2 Jahren												
	201	64	68	0,5	1,1	6,7	12,5	15,5	93,0	2,90	1,34	1,15 - 1,55

Tabelle C 4 n-Undecan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

n-Undecan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	302	70	77	0,4	1,4	6,1	12,0	23,0	230,0	3,61	1,55	1,37 - 1,74
Geschlecht												
Jungen	151	32	79	0,4	1,4	6,3	12,0	26,0	94,0	3,40	1,71	1,44 - 2,03
Mädchen	151	38	75	0,4	1,2	6,1	8,7	22,7	230,0	3,81	1,40	1,18 - 1,66
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	21	69	0,4	1,4	4,9	7,0	27,0	34,0	2,62	1,45	1,13 - 1,86
6 bis 10 Jahre	87	17	81	0,4	1,3	6,1	10,9	26,0	26,0	2,87	1,58	1,27 - 1,96
11 bis 13 Jahre	54	12	78	0,4	1,2	5,9	9,2	210,7	230,0	6,39	1,52	1,1 - 2,09
14 bis 17 Jahre	92	20	78	0,4	1,4	11,0	12,0	17,0	94,0	3,41	1,61	1,29 - 2,01
Gemeindetyp												
BIK 1-4	90	23	75	0,4	1,4	11,3	12,0	17,0	40,0	3,26	1,71	1,35 - 2,17
BIK 5-6	23	8	67	0,4	0,9	10,9	16,0		21,0	2,90	1,34	0,80 - 2,25
BIK 7-10	189	39	79	0,4	1,4	5,0	6,9	26,5	230,0	3,86	1,50	1,30 - 1,73
Sozioökonomischer Status												
niedrig	45	7	85	0,4	2,3	5,3	5,3		7,0	2,70	2,11	1,66 - 2,68
mittel	200	52	74	0,4	1,3	6,7	12,0	22,8	40,0	2,90	1,47	1,26 - 1,70
hoch	57	12	80	0,4	1,2	5,7	17,9	207,6	230,0	6,81	1,46	1,07 - 2,00
Wohnort												
alte Länder	257	60	77	0,4	1,4	6,1	11,2	24,1	230,0	3,61	1,54	1,35 - 1,76
neue Länder	45	10	78	0,4	1,3	7,7	12,0		94,0	3,60	1,58	1,14 - 2,18
Migrationshintergrund												
ohne	222	57	74	0,4	1,3	5,4	11,0	26,0	94,0	2,91	1,44	1,25 - 1,65
einseitig	30	7	76	0,4	1,2	7,0	10,3		230,0	9,47	1,63	1,00 - 2,66
zweiseitig	50	5	90	0,4	2,3	9,3	12,0	12,0	12,0	3,20	2,08	1,59 - 2,71
Rauchstatus***												
Nichtraucher	296	69	77	0,4	1,4	5,8	9,4	23,6	230,0	3,48	1,50	1,33 - 1,69
Raucher	6	1	87	0,4	12,0				12,0	9,27	6,73	2,08 -
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	186	46	76	0,4	1,3	5,3	7,0	26,0	94,0	2,82	1,44	1,24 - 1,66
ein Raucher	71	18	74	0,4	1,3	8,6	11,0	12,0	17,0	2,69	1,50	1,17 - 1,93
mehr als ein	45	6	87	0,4	2,0	12,0	22,2		230,0	8,28	2,20	1,52 - 3,18
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen	11	0	97	0,7	1,0	3,8			3,8	1,49	1,20	0,78 - 1,86
vor mehr als 1 bis 6 Monaten	21	6	73	0,4	1,2	6,1	6,1		6,1	2,50	1,51	0,93 - 2,45
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren	70	13	81	0,4	1,7	6,7	17,0	38,5	94,0	3,51	1,67	1,30 - 2,14
vor mehr als 2 Jahren	201	51	75	0,4	1,4	5,9	12,0	19,8	230,0	3,86	1,53	1,31 - 1,78

Tabelle C 5 n-Dodecan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

n-Dodecan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	302	110	63	0,5	1,0	4,8	6,4	9,4	33,0	2,08	1,20	1,08 - 1,34
Geschlecht												
Jungen	151	52	65	0,5	1,1	6,3	6,4	16,4	31,0	2,28	1,31	1,12 - 1,53
Mädchen	151	58	61	0,5	0,9	4,7	5,9	9,1	33,0	1,89	1,10	0,95 - 1,28
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	32	54	0,5	1,1	4,6	6,3	8,7	22,0	1,79	1,13	0,91 - 1,41
6 bis 10 Jahre	87	30	66	0,5	1,0	4,8	7,4	18,0	18,0	2,09	1,23	1 - 1,50
11 bis 13 Jahre	54	17	68	0,5	1,0	6,4	6,4	11,0	11,0	1,94	1,19	0,92 - 1,53
14 bis 17 Jahre	92	32	66	0,5	1,0	6,3	7,0	31,5	33,0	2,38	1,24	1,01 - 1,53
Gemeindetyp												
BIK 1-4	90	40	55	0,5	0,8	6,4	6,4	20,5	33,0	2,34	1,20	0,96 - 1,50
BIK 5-6	23	10	55	0,5	0,9	4,6	7,7		8,4	1,86	1,14	0,75 - 1,74
BIK 7-10	189	60	68	0,5	1,1	4,7	6,3	11,1	31,0	1,99	1,21	1,06 - 1,38
Sozioökonomischer Status												
niedrig	45	19	57	0,5	1,7	6,4	6,4		6,4	2,01	1,29	0,96 - 1,72
mittel	200	73	63	0,5	1,0	4,8	6,3	8,6	22,0	1,97	1,17	1,03 - 1,34
hoch	57	18	69	0,5	1,0	4,8	11,0	32,9	33,0	2,54	1,23	0,94 - 1,60
Wohnort												
alte Länder	257	96	63	0,5	1,0	5,9	6,4	10,3	33,0	2,12	1,21	1,08 - 1,37
neue Länder	45	15	67	0,5	1,0	4,5	6,7		31,0	1,90	1,14	0,87 - 1,48
Migrationshintergrund												
ohne	222	88	60	0,5	0,9	5,7	6,9	16,9	33,0	2,10	1,14	1 - 1,29
einseitig	30	8	72	0,5	1,1	4,6	9,7		11,0	1,93	1,28	0,92 - 1,77
zweiseitig	50	14	72	0,5	1,6	5,4	6,3	6,3	6,3	2,13	1,47	1,14 - 1,90
Rauchstatus***												
Nichtraucher	296	110	63	0,5	1,0	4,7	6,4	9,7	33,0	2,01	1,17	1,05 - 1,3
Raucher	6	1	87	0,5	6,3				6,3	5,23	4,27	1,72 -
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	186	57	70	0,5	1,1	5,7	6,4	9,3	31,0	2,08	1,26	1,11 - 1,44
ein Raucher	71	30	57	0,5	1,0	4,7	7,6	24,5	33,0	2,14	1,11	0,88 - 1,41
mehr als ein	45	23	48	0,5	0,5	6,3	7,0		16,0	2,00	1,09	0,80 - 1,49
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen	11	0	97	0,7	1,2	1,8			1,8	1,17	1,10	0,85 - 1,42
vor mehr als 1 bis 6 Monaten	21	9	56	0,5	1,0	4,7	4,7		4,7	1,95	1,24	0,79 - 1,96
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren	70	26	63	0,5	1,0	3,8	8,8	20,4	31,0	2,10	1,15	0,92 - 1,43
vor mehr als 2 Jahren	201	75	63	0,5	1,0	6,3	6,4	8,7	33,0	2,14	1,22	1,07 - 1,4

Tabelle C 6 n-Tridecan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

n-Tridecan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
------------	---	--------	-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	-------

Gesamt	302	141	53	0,4	0,7	2,1	2,8	5,1	32,0	1,17	0,82	0,75 - 0,89
Geschlecht***												
Jungen	151	59	61	0,4	0,9	2,3	3,6	5,1	6,2	1,26	0,94	0,83 - 1,06
Mädchen	151	82	46	0,4	0,4	1,7	2,0	4,2	32,0	1,08	0,71	0,63 - 0,79
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	30	56	0,4	0,8	1,9	2,1	3,5	4,5	0,99	0,80	0,69 - 0,93
6 bis 10 Jahre	87	31	64	0,4	0,8	2,1	5,1	5,9	6,2	1,19	0,89	0,76 - 1,03
11 bis 13 Jahre	54	29	46	0,4	0,4	2,1	2,2	6,1	6,6	0,99	0,76	0,63 - 0,92
14 bis 17 Jahre	92	50	46	0,4	0,4	2,7	3,1	11,5	32,0	1,39	0,80	0,67 - 0,95
Gemeindetyp												
BIK 1-4	90	43	53	0,4	0,8	2,7	3,2	11,7	32,0	1,45	0,86	0,72 - 1,02
BIK 5-6	23	10	59	0,4	0,7	3,8	5,9		6,6	1,24	0,89	0,63 - 1,24
BIK 7-10	189	89	53	0,4	0,7	2,1	2,1	5,1	6,2	1,03	0,79	0,72 - 0,87
Sozioökonomischer Status*												
niedrig	45	13	71	0,4	1,3	2,1	2,1		3,3	1,28	1,05	0,86 - 1,28
mittel	200	98	51	0,4	0,7	2,1	2,9	4,9	6,6	1,05	0,79	0,72 - 0,87
hoch	57	29	48	0,4	0,4	1,7	5,7	30,2	32,0	1,51	0,74	0,60 - 0,93
Wohnort												
alte Länder	257	121	53	0,4	0,7	2,1	2,8	5,1	32,0	1,21	0,83	0,75 - 0,90
neue Länder	45	19	57	0,4	0,8	1,8	3,2		6,6	0,96	0,76	0,63 - 0,92
Migrationshintergrund												
ohne	222	106	52	0,4	0,7	2,1	3,1	5,1	32,0	1,16	0,78	0,71 - 0,86
einseitig	30	14	54	0,4	0,8	2,4	5,9		6,2	1,19	0,84	0,64 - 1,12
zweiseitig	50	20	59	0,4	1,3	2,6	2,7	2,9	2,9	1,22	0,96	0,78 - 1,18
Rauchstatus***												
Nichtraucher	296	140	53	0,4	0,7	2,1	2,3	5,1	32,0	1,14	0,80	0,74 - 0,87
Raucher	6	1	87	0,4	2,7				3,3	2,52	2,22	1,14 - 4,35
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	186	83	55	0,4	0,7	2,1	3,4	5,1	6,6	1,14	0,84	0,76 - 0,94
ein Raucher	71	38	47	0,4	0,4	2,1	2,1	22,7	32,0	1,35	0,76	0,634 -
mehr als ein	45	20	56	0,4	0,8	2,7	2,8		4,8	1,02	0,80	0,65 - 0,97
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen												
	11	4	65	0,4	0,8	5,1			5,1	1,97	1,15	0,55 - 2,40
vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	21	9	57	0,4	1,2	1,8	2,3		2,3	0,97	0,82	0,62 - 1,08
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren												
	70	35	49	0,4	0,4	2,1	2,3	3,4	3,9	0,96	0,76	0,65 - 0,89
vor mehr als 2 Jahren												
	201	93	54	0,4	0,7	2,1	3,0	5,0	32,0	1,22	0,82	0,74 - 0,91

Tabelle C 7 n-Tetradecan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

n-Tetradecan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	302	78	74	0,5	1,1	2,9	3,8	6,2	18,0	1,58	1,19	1,10 - 1,29
Geschlecht**												
Jungen	151	35	77	0,5	1,4	3,6	5,1	5,5	9,6	1,75	1,34	1,20 - 1,51

Mädchen	151	43	71	0,5	1,0	2,5	3,8	6,4	18,0	1,42	1,06	0,95 - 1,18
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	19	72	0,5	1,3	3,6	5,3	6,4	6,4	1,68	1,27	1,06 - 1,52
6 bis 10 Jahre	87	16	81	0,5	1,4	2,6	2,9	3,4	9,6	1,49	1,25	1,10 - 1,42
11 bis 13 Jahre	54	17	69	0,5	1,0	5,5	5,5	6,1	6,2	1,75	1,22	0,97 - 1,53
14 bis 17 Jahre	92	26	71	0,5	0,9	2,4	3,6	9,7	18,0	1,50	1,07	0,93 - 1,24
Gemeindetyp												
BIK 1-4	90	22	76	0,5	1,4	3,9	5,5	10,1	18,0	1,95	1,36	1,14 - 1,60
BIK 5-6	23	8	65	0,5	1,3	2,9	4,6		9,6	1,39	1,08	0,80 - 1,50
BIK 7-10	189	48	74	0,5	1,1	2,7	3,6	6,1	6,4	1,43	1,13	1,03 - 1,25
Sozioökonomischer Status**												
niedrig	45	7	84	0,5	1,6	5,5	5,5		7,3	2,21	1,69	1,34 - 2,12
mittel	200	57	72	0,5	1,0	2,9	3,7	5,7	6,4	1,45	1,12	1,02 - 1,24
hoch	57	15	74	0,5	1,0	2,4	3,5	17,4	18,0	1,57	1,11	0,92 - 1,33
Wohnort												
alte Länder	257	69	73	0,5	1,1	3,1	3,8	5,8	18,0	1,59	1,19	1,09 - 1,3
neue Länder	45	9	79	0,5	1,1	2,7	5,1		9,6	1,53	1,20	1,00 - 1,47
Migrationshintergrund												
ohne	222	61	72	0,5	1,1	2,9	3,9	5,5	18,0	1,55	1,15	1,05 - 1,27
einseitig	30	7	77	0,5	1,1	3,7	3,7		3,8	1,54	1,21	0,93 - 1,57
zweiseitig	50	10	80	0,5	1,6	2,5	6,4	6,4	6,4	1,78	1,39	1,14 - 1,71
Rauchstatus*												
Nichtraucher	296	78	74	0,5	1,1	2,9	3,7	5,5	18,0	1,55	1,17	1,08 - 1,27
Raucher	6	1	87	0,5	2,4				7,3	3,03	2,40	1,09 - 5,26
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	186	44	76	0,5	1,1	3,1	5,3	6,2	9,6	1,61	1,23	1,11 - 1,36
ein Raucher	71	25	65	0,5	1,1	3,3	3,6	13,0	18,0	1,62	1,12	0,93 - 1,35
mehr als ein	45	9	80	0,5	1,2	2,4	3,4		7,3	1,43	1,15	0,96 - 1,39
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen												
	11	0	95	0,7	1,0	2,7			2,7	1,61	1,39	0,93 - 2,07
vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	21	9	58	0,5	1,8	3,7	3,8		3,8	1,70	1,22	0,82 - 1,82
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren												
	70	17	76	0,5	1,0	2,7	3,0	5,5	6,2	1,32	1,08	0,93 - 1,26
vor mehr als 2 Jahren												
	201	52	74	0,5	1,1	3,1	5,5	6,4	18,0	1,66	1,22	1,10 - 1,35

Tabelle C 8 n-Pentadecan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

n-Pentadecan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	302	133	56	0,5	0,8	1,9	2,7	4,9	5,0	1,03	0,83	0,77 - 0,89
Geschlecht*												
Jungen	151	53	65	0,5	0,9	1,9	3,2	4,9	4,9	1,13	0,91	0,82 - 1,00
Mädchen	151	80	47	0,5	0,5	1,9	2,3	3,6	5,0	0,93	0,76	0,69 - 0,84
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	69	29	59	0,5	0,9	2,4	3,1	3,6	3,6	1,03	0,84	0,73 - 0,97
6 bis 10 Jahre	87	32	63	0,5	0,9	1,7	1,9	2,8	3,7	0,93	0,82	0,74 - 0,91
11 bis 13 Jahre	54	28	49	0,5	0,5	4,9	4,9	4,9	4,9	1,35	0,92	0,74 - 1,15
14 bis 17 Jahre	92	45	51	0,5	0,8	1,9	2,7	3,5	5,0	0,95	0,78	0,69 - 0,88
Gemeindetyp**												
BIK 1-4	90	32	64	0,5	1,0	2,4	4,9	4,9	5,0	1,30	0,98	0,85 - 1,14
BIK 5-6	23	15	38	0,5	0,5	3,1	3,4		3,7	1,02	0,77	0,56 - 1,04
BIK 7-10	189	87	54	0,5	0,8	1,5	2,0	3,3	3,8	0,91	0,77	0,71 - 0,83
Sozioökonomischer Status**												
niedrig	45	9	80	0,5	1,0	4,9	4,9		4,9	1,45	1,10	0,90 - 1,36
mittel	200	96	52	0,5	0,7	1,9	2,1	2,6	3,6	0,94	0,78	0,72 - 0,85
hoch	57	28	50	0,5	0,7	2,7	3,4	4,9	5,0	1,04	0,81	0,68 - 0,96
Wohnort												
alte Länder	257	119	54	0,5	0,8	1,9	3,0	4,9	5,0	1,03	0,82	0,76 - 0,88
neue Länder	45	14	68	0,5	0,9	1,8	2,6		3,7	1,04	0,91	0,77 - 1,06
Migrationshintergrund												
ohne	222	101	55	0,5	0,8	1,7	2,9	4,9	5,0	1,00	0,80	0,74 - 0,87
einseitig	30	11	62	0,5	1,0	2,5	2,6		2,6	1,06	0,90	0,72 - 1,12
zweiseitig	50	21	59	0,5	1,0	2,0	3,6	3,6	3,6	1,17	0,94	0,78 - 1,14
Rauchstatus*												
Nichtraucher	296	133	55	0,5	0,8	1,9	2,8	4,9	5,0	1,02	0,82	0,76 - 0,88
Raucher	6	1	87	0,5	1,9				1,9	1,65	1,53	0,94 - 2,49
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	186	84	55	0,5	0,8	2,1	3,5	4,9	4,9	1,07	0,84	0,76 - 0,92
ein Raucher	71	36	49	0,5	0,5	1,9	2,0	4,1	5,0	0,94	0,77	0,67 - 0,89
mehr als ein	45	13	71	0,5	0,9	1,9	2,0		2,8	1,02	0,90	0,77 - 1,04
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen	11	3	76	0,5	0,7	2,1			2,1	0,95	0,84	0,59 - 1,18
vor mehr als 1 bis 6 Monaten	21	9	58	0,5	1,6	2,6	2,7		2,8	1,33	1,06	0,76 - 1,48
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren	70	35	50	0,5	0,7	1,4	2,1	2,6	3,0	0,83	0,73	0,65 - 0,82
vor mehr als 2 Jahren	201	88	57	0,5	0,8	1,9	3,6	4,9	5,0	1,08	0,85	0,77 - 0,92

Tabelle C 9 n-Hexadecan in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hexadecan	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
-----------	---	--------	-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	-------

Gesamt	302	110	64	0,5	0,9	2,0	2,7	23,0	76,0	1,54	0,91	0,84 - 0,99
Geschlecht*												
Jungen	151	51	66	0,5	0,9	2,0	3,4	23,0	76,0	2,13	1,00	0,88 - 1,15
Mädchen	151	59	61	0,5	0,8	1,9	2,3	2,7	3,3	0,96	0,83	0,76 - 0,90
Lebensalter*												
3 bis 5 Jahre	69	24	66	0,5	0,8	1,6	1,9	3,0	3,3	0,95	0,84	0,75 - 0,94
6 bis 10 Jahre	87	25	71	0,5	0,9	2,3	2,7	2,7	3,0	1,12	0,96	0,85 - 1,08
11 bis 13 Jahre	54	22	60	0,5	0,9	23,0	23,0	67,9	76,0	4,03	1,17	0,84 - 1,64
14 bis 17 Jahre	92	40	57	0,5	0,8	1,7	2,0	3,2	4,0	0,94	0,80	0,72 - 0,90
Gemeindetyp**												
BIK 1-4	90	31	65	0,5	1,0	2,7	23,0	23,0	23,0	2,45	1,14	0,93 - 1,39
BIK 5-6	23	9	62	0,5	0,7	2,7	2,9		3,0	1,01	0,83	0,65 - 1,08
BIK 7-10	189	70	63	0,5	0,9	1,7	1,9	2,3	76,0	1,17	0,83	0,77 - 0,9
Sozioökonomischer Status***												
niedrig	45	7	84	0,5	1,0	23,0	23,0		23,0	3,79	1,43	1,02 - 2,03
mittel	200	84	58	0,5	0,8	1,9	2,0	2,3	4,0	0,96	0,83	0,77 - 0,89
hoch	57	19	67	0,5	0,9	1,8	2,7	57,4	76,0	1,81	0,90	0,75 - 1,09
Wohnort												
alte Länder	257	103	60	0,5	0,8	2,0	2,7	23,0	76,0	1,61	0,89	0,81 - 0,98
neue Länder	45	7	84	0,5	1,2	1,7	2,4		4,0	1,17	1,06	0,93 - 1,22
Migrationshintergrund												
ohne	222	83	63	0,5	0,9	1,9	2,7	23,0	76,0	1,73	0,93	0,84 - 1,03
einseitig	30	13	56	0,5	0,8	1,6	1,7		1,8	0,90	0,80	0,66 - 0,96
zweiseitig	50	13	73	0,5	0,9	2,3	2,3	2,3	2,3	1,10	0,94	0,81 - 1,11
Rauchstatus												
Nichtraucher	296	109	63	0,5	0,9	1,9	2,7	23,0	76,0	1,54	0,90	0,83 - 0,98
Raucher	6	1	87	0,5	2,0				2,0	1,63	1,47	0,86 - 2,53
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	186	77	59	0,5	0,8	1,8	2,7	23,0	76,0	1,82	0,89	0,79 - 1,00
ein Raucher	71	23	68	0,5	0,9	2,3	2,7	2,7	3,3	1,07	0,91	0,79 - 1,04
mehr als ein	45	10	78	0,5	1,1	2,0	2,1		3,4	1,17	1,03	0,88 - 1,20
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen	11	4	66	0,5	0,7	1,3			1,3	0,85	0,78	0,58 - 1,05
vor mehr als 1 bis 6 Monaten	21	9	55	0,5	1,1	2,3	2,3		2,3	1,24	0,99	0,72 - 1,37
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren	70	24	66	0,5	0,9	1,6	2,0	2,6	4,0	0,95	0,84	0,75 - 0,94
vor mehr als 2 Jahren	201	73	64	0,5	0,9	2,0	2,7	23,0	76,0	1,82	0,94	0,84 - 1,05

C.2 Alkohole

Tabelle C 10 2-Ethylhexanol in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2-Ethylhexanol	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	594	15	97	1,5	4,6	14,0	17,0	22,2	62,0	6,25	4,50	4,20 - 4,81
Geschlecht*												
Jungen	301	11	96	1,4	4,2	14,0	17,0	19,6	48,0	5,88	4,20	3,81 - 4,63
Mädchen	292	4	99	1,7	4,7	13,0	16,0	30,2	62,0	6,63	4,83	4,4 - 5,3
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	112	1	99	1,8	5,2	15,2	20,0	28,0	30,0	6,53	4,86	4,21 - 5,63
6 bis 10 Jahre	187	6	97	2,1	4,8	15,0	18,0	23,0	31,0	6,67	4,94	4,39 - 5,56
11 bis 13 Jahre	119	5	96	1,4	4,2	13,0	15,9	30,5	48,0	5,91	4,07	3,46 - 4,78
14 bis 17 Jahre	176	3	99	1,4	4,0	13,0	15,0	17,7	62,0	5,85	4,14	3,66 - 4,69
Gemeindetyp												
BIK 1-4	165	4	97	1,7	5,1	11,0	14,0	18,0	30,0	5,78	4,41	3,90 - 4,99
BIK 5-6	34	0	100	1,3	4,3	12,7	13,0		23,0	5,58	4,19	3,19 - 5,52
BIK 7-10	395	11	97	1,6	4,4	15,0	18,0	27,9	62,0	6,50	4,56	4,19 - 4,96
Sozioökonomischer Status***												
niedrig	124	8	94	1,2	3,9	9,6	14,9	25,2	31,0	4,92	3,42	2,92 - 4,00
mittel	355	5	99	1,8	4,8	14,0	17,0	22,8	62,0	6,52	4,77	4,38 - 5,19
hoch	114	1	99	2,1	5,3	16,0	17,0	24,5	46,0	6,83	5,17	4,50 - 5,93
Wohnort												
alte Länder	501	12	98	1,5	4,4	14,0	17,0	22,0	62,0	6,19	4,42	4,10 - 4,75
neue Länder	93	4	96	1,8	5,7	12,0	16,1	27,3	48,0	6,58	4,95	4,19 - 5,86
Migrationshintergrund												
ohne	443	15	97	1,5	4,7	12,0	18,0	22,5	62,0	6,08	4,36	4,03 - 4,72
einseitig	48	0	100	1,9	4,2	11,8	26,4		46,0	6,31	4,44	3,55 - 5,55
zweiseitig	101	0	100	1,4	4,7	16,0	17,0	17,0	30,0	6,98	5,18	4,43 - 6,07
Wandbelag im Raum: abwaschbare Anstriche, Ölfarben, Lacke												
Ja	8	0	100	3,3	4,7				5,6	4,34	4,29	3,70 - 5,00
Nein	586	15	97	1,5	4,6	14,0	17,0	22,0	62,0	6,25	4,49	4,20 - 4,81
Deckenbelag im Raum: abwaschbare Anstriche, Ölfarben, Lacke												
Ja	6	0	100	4,6	4,7				4,7	4,69	4,69	4,65 - 4,72
Nein	587	15	97	1,5	4,6	14,0	17,0	22,0	62,0	6,24	4,49	4,19 - 4,80
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen	17	0	100	1,9	7,0	15,9			16,0	7,50	5,57	3,59 - 8,64
vor mehr als 1 bis 6 Monaten	50	0	100	1,0	4,6	11,0	11,0	19,4	20,0	4,65	3,52	2,82 - 4,40
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren	142	3	98	1,4	4,2	15,0	19,0	28,5	31,0	6,26	4,49	3,91 - 5,14
vor mehr als 2 Jahren	384	12	97	1,7	4,7	14,0	17,0	22,1	62,0	6,35	4,59	4,22 - 4,99
Verwendung von Fußbodenreiniger												
Ja	249	7	97	1,5	4,6	15,0	17,0	21,2	62,0	6,33	4,51	4,05 - 5,02
Nein	345	8	98	1,7	4,7	12,0	17,0	28,0	48,0	6,19	4,49	4,11 - 4,90

Tabelle C 11 Isobutanol in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Isobutanol	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	333	152	54	0,7	1,2	5,2	10,0	27,4	51,0	3,03	1,52	1,38 - 1,68
Geschlecht												
Jungen	166	72	57	0,7	1,3	6,1	8,5	17,0	19,0	2,47	1,55	1,36 - 1,77
Mädchen	167	80	52	0,7	1,1	5,2	17,0	51,0	51,0	3,59	1,49	1,28 - 1,73
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	73	19	73	0,7	1,6	4,6	7,2	16,5	17,0	2,29	1,67	1,42 - 1,98
6 bis 10 Jahre	96	45	53	0,7	1,1	6,4	51,0	51,0	51,0	4,52	1,60	1,28 - 1,99
11 bis 13 Jahre	66	37	44	0,7	0,7	3,8	5,6	26,8	33,0	2,08	1,31	1,07 - 1,59
14 bis 17 Jahre	98	50	49	0,7	0,7	8,4	17,0	17,0	17,0	2,77	1,49	1,23 - 1,81
Gemeindetyp												
BIK 1-4	100	46	55	0,7	1,2	3,6	7,6	16,2	19,0	2,07	1,42	1,22 - 1,65
BIK 5-6	20	9	58	0,7	1,2	2,7	8,6		8,9	1,50	1,23	0,94 - 1,61
BIK 7-10	213	98	54	0,7	1,2	6,4	17,0	51,0	51,0	3,63	1,60	1,40 - 1,84
Sozioökonomischer Status												
niedrig	55	14	74	0,7	1,5	5,2	6,2	12,7	16,0	2,11	1,65	1,38 - 1,98
mittel	218	102	53	0,7	1,2	8,0	17,0	51,0	51,0	3,63	1,58	1,38 - 1,81
hoch	59	34	43	0,7	0,7	4,5	6,5	11,9	13,0	1,75	1,25	1,03 - 1,51
Wohnort												
alte Länder	280	128	54	0,7	1,2	5,2	13,0	46,5	51,0	3,19	1,53	1,37 - 1,71
neue Länder	53	24	55	0,7	1,2	4,7	10,0	18,1	19,0	2,22	1,48	1,18 - 1,85
Migrationshintergrund												
ohne	241	117	52	0,7	1,1	4,3	8,4	12,7	33,0	2,10	1,38	1,25 - 1,52
einseitig	29	19	32	0,7	0,7	3,2	6,7		8,9	1,38	1,04	0,82 - 1,33
zweiseitig	62	15	75	0,7	2,0	18,1	51,0	51,0	51,0	7,34	2,62	1,90 - 3,60
letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum***												
In den letzten 4 Wochen												
	9	6	34	0,7	0,7	4,3			4,3	1,79	1,28	0,68 - 2,41
vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	21	8	61	0,7	1,2	51,0	51,0		51,0	14,0	3,01	1,34 - 6,75
vor mehr als 6 Monaten bis 2 Jahren												
	79	48	39	0,7	0,7	3,2	5,2	5,3	5,8	1,42	1,11	0,97 - 1,28
vor mehr als 2 Jahren												
	224	90	60	0,7	1,4	6,1	10,0	17,0	33,0	2,62	1,60	1,43 - 1,80
Verwendung von Fußbodenreiniger												
Ja	126	54	57	0,7	1,5	4,8	18,1	51,0	51,0	4,31	1,69	1,40 - 2,04
Nein	207	97	53	0,7	1,1	5,2	8,4	16,6	33,0	2,26	1,42	1,271 - 1,59

C.3 Aromaten

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 12 Aromaten für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
Isopropylbenzen	2,7	176	169	4
n-Propylbenzen	0,6	176	145	18
2-EthylToluen	1,0	176	161	9
3-EthylToluen	1,0	176	149	15
4-EthylToluen	1,0	176	146	17
1,2,3-TrimethylBenzen	0,64	176	137	22
1,3,5-TrimethylBenzen	0,63	355	286	19

Tabelle C 13 Benzen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Benzen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	286	54	0,7	1,1	3,1	3,6	6,4	29,0	1,55	1,19	1,13 - 1,26
Geschlecht												
Jungen	314	148	53	0,7	1,1	3,0	3,6	5,3	11,0	1,49	1,19	1,11 - 1,28
Mädchen	301	138	54	0,7	1,0	3,2	4,3	7,3	29,0	1,62	1,20	1,11 - 1,29
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	118	53	55	0,7	1,2	3,3	3,6	5,4	6,7	1,50	1,22	1,09 - 1,36
6 bis 10 Jahre	194	83	57	0,7	1,2	3,2	4,7	7,3	12,0	1,69	1,28	1,16 - 1,41
11 bis 13 Jahre	122	58	52	0,7	1,1	3,1	3,4	9,8	29,0	1,60	1,16	1,03 - 1,30
14 bis 17 Jahre	181	92	49	0,7	0,7	2,8	3,6	4,4	14,0	1,41	1,12	1,02 - 1,23
Gemeindetyp												
BIK 1-4	170	80	53	0,7	1,0	3,3	3,9	5,9	12,0	1,64	1,25	1,13 - 1,39
BIK 5-6	38	16	57	0,7	1,2	5,4	9,4		14,0	2,02	1,34	1,03 - 1,75
BIK 7-10	407	190	53	0,7	1,1	2,6	3,6	6,0	29,0	1,48	1,16	1,09 - 1,23
Sozioökonomischer Status												
niedrig	125	71	43	0,7	0,7	2,9	3,6	7,7	11,0	1,43	1,09	0,96 - 1,22
mittel	371	163	56	0,7	1,2	3,2	4,4	7,1	29,0	1,65	1,24	1,16 - 1,33
hoch	118	51	56	0,7	1,2	2,6	3,1	3,9	12,0	1,39	1,17	1,05 - 1,29
Wohnort***												
alte Länder	520	259	50	0,7	1,0	3,0	3,6	4,5	29,0	1,43	1,13	1,08 - 1,20
neue Länder	95	27	71	0,7	1,5	6,3	7,8	11,0	14,0	2,24	1,57	1,34 - 1,84
Migrationshintergrund												
ohne	459	212	54	0,7	1,1	3,1	4,2	7,2	29,0	1,59	1,20	1,13 - 1,28
einseitig	51	23	55	0,7	1,1	2,5	4,9	6,0	6,3	1,38	1,14	0,97 - 1,34
zweiseitig	103	50	51	0,7	1,0	3,6	3,6	3,6	4,8	1,48	1,20	1,06 - 1,36
Rauchstatus***												
Nichtraucher	601	285	53	0,7	1,0	2,8	3,6	6,2	29,0	1,50	1,17	1,11 - 1,23
Raucher	14	1	94	1,9	3,2	8,2			11,0	3,73	3,26	2,39 - 4,45
Anzahl Raucher im Haushalt***												
kein Raucher	390	203	48	0,7	0,7	2,7	3,6	4,8	29,0	1,40	1,10	1,03 - 1,17
ein Raucher	149	63	58	0,7	1,2	2,5	3,1	5,0	14,0	1,44	1,19	1,08 - 1,31
mehr als ein	77	20	74	0,7	1,9	4,2	8,1	13,2	14,0	2,54	1,83	1,53 - 2,19
Vorhandensein zusätzlicher Einzelöfen												
Ja	231	119	48	0,7	0,7	3,2	4,2	7,3	29,0	1,66	1,21	1,1 - 1,33
Nein	385	167	57	0,7	1,2	2,6	3,6	5,9	14,0	1,49	1,19	1,11 - 1,26
Fenster zur Straße im Hauptaufenthaltsraum												
Ja	324	160	51	0,7	1,0	3,1	3,6	7,0	29,0	1,57	1,18	1,09 - 1,27
Nein	291	126	57	0,7	1,2	3,1	3,9	6,2	14,0	1,54	1,21	1,13 - 1,30

Benzen	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Verkehr vor der Wohnung/ dem Haus***												
extrem stark befahrenen Durchgangsstraße	8	0	100	1,2	1,9				4,5	2,23	2,05	1,44 - 2,90
stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraße	80	23	71	0,7	1,4	4,4	8,3	12,6	14,0	2,30	1,61	1,35 - 1,91
beträchtlich befahrenen Nebenstraße	70	38	45	0,7	0,7	3,3	3,6	4,5	4,6	1,42	1,13	0,97 - 1,32
mäßig befahrenen Nebenstraße	180	84	54	0,7	1,1	2,6	3,6	5,9	29,0	1,48	1,15	1,05 - 1,26
sehr wenig befahrenen Straße (Anliegerstraße, Weg, verkehrsberuhigte Zone)	263	139	47	0,7	0,7	2,5	3,2	5,3	14,0	1,35	1,09	1,01 - 1,17

Tabelle C 14 Ethylbenzenen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ethylbenzenen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	182	70	0,4	0,9	3,6	5,0	11,0	30,0	1,79	1,06	0,99 - 1,14
Geschlecht												
Jungen	314	96	69	0,4	1,0	3,5	4,9	5,6	27,0	1,53	1,03	0,93 - 1,13
Mädchen	301	86	71	0,4	0,9	3,7	7,2	21,0	30,0	2,06	1,10	0,99 - 1,23
Lebensalter**												
3 bis 5 Jahre	118	41	65	0,4	0,8	2,9	4,8	11,0	22,0	1,54	0,96	0,82 - 1,12
6 bis 10 Jahre	194	42	78	0,4	1,1	4,8	7,2	21,0	25,0	2,29	1,29	1,13 - 1,48
11 bis 13 Jahre	122	46	63	0,4	0,8	4,9	5,9	18,1	30,0	1,93	1,02	0,85 - 1,21
14 bis 17 Jahre	181	53	71	0,4	0,9	3,0	3,5	3,9	25,0	1,31	0,95	0,85 - 1,06
Gemeindetyp												
BIK 1-4	170	46	73	0,4	1,1	4,8	5,1	7,0	13,0	1,80	1,19	1,03 - 1,36
BIK 5-6	38	20	48	0,4	0,4	10,0	11,0		25,0	2,40	0,97	0,65 - 1,44
BIK 7-10	407	117	71	0,4	0,9	2,9	4,2	18,4	30,0	1,72	1,02	0,94 - 1,11
Sozioökonomischer Status*												
niedrig	125	53	57	0,4	0,8	4,7	5,0	5,1	11,0	1,41	0,90	0,77 - 1,05
mittel	371	106	71	0,4	1,0	3,5	7,0	19,3	30,0	1,93	1,09	0,99 - 1,20
hoch	118	23	80	0,4	1,0	3,6	4,4	8,3	27,0	1,74	1,17	1,00 - 1,36
Wohnort												
alte Länder	520	159	69	0,4	0,9	3,6	5,0	11,0	30,0	1,77	1,05	0,97 - 1,13
neue Länder	95	23	76	0,4	1,0	4,1	8,0	12,2	25,0	1,90	1,15	0,95 - 1,38
Migrationshintergrund												
ohne	459	128	72	0,4	1,0	3,8	5,1	7,7	30,0	1,71	1,07	0,99 - 1,16
einseitig	51	17	66	0,4	0,8	3,2	9,1	11,0	11,0	1,44	0,93	0,74 - 1,18
zweiseitig	103	36	65	0,4	0,9	3,5	21,0	21,0	21,0	2,30	1,10	0,90 - 1,35
Rauchstatus												
Nichtraucher	601	182	70	0,4	0,9	3,6	5,1	11,0	30,0	1,78	1,05	0,98 - 1,13
Raucher	14	0	100	0,6	1,0	3,8			4,0	1,94	1,41	0,87 - 2,29
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	390	121	69	0,4	1,0	3,6	4,8	7,7	30,0	1,59	1,03	0,95 - 1,12
ein Raucher	149	48	68	0,4	0,9	3,9	7,2	21,0	25,0	2,14	1,07	0,91 - 1,25
mehr als ein	77	13	83	0,4	1,0	4,4	7,2	18,5	27,0	2,08	1,23	0,10 - 1,51
Verwendung von Fußbodenreiniger												
Ja	255	77	70	0,4	0,9	2,9	4,5	21,0	25,0	1,76	1,01	0,90 - 1,12
Nein	360	105	71	0,4	1,0	3,9	5,1	8,5	30,0	1,80	1,10	1,00 - 1,21
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	3	84	0,4	0,9	2,0			2,1	0,99	0,90	0,70 - 1,14
Nein	594	179	70	0,4	0,9	3,7	5,1	11,0	30,0	1,81	1,06	0,99 - 1,15

Tabelle C 15 Toluol in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Toluol	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	5	99	1,8	4,7	17,0	27,0	38,0	160,0	7,82	4,98	4,64 - 5,35
Geschlecht*												
Jungen	314	5	98	1,7	4,4	17,0	22,2	31,0	81,0	6,93	4,63	4,20 - 5,11
Mädchen	301	0	100	1,9	4,8	18,4	34,0	47,1	160,0	8,74	5,38	4,86 - 5,94
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	118	0	100	1,8	4,0	15,0	22,4	35,5	72,0	6,90	4,83	4,18 - 5,58
6 bis 10 Jahre	194	5	97	1,9	5,0	22,7	31,0	43,0	95,0	8,53	5,38	4,70 - 6,15
11 bis 13 Jahre	122	0	100	1,7	4,7	25,4	36,2	61,0	110,0	9,42	5,18	4,31 - 6,24
14 bis 17 Jahre	181	0	100	1,8	4,1	17,0	19,8	22,3	160,0	6,57	4,57	4,08 - 5,11
Gemeindetyp												
BIK 1-4	170	0	100	1,9	4,8	22,0	31,0	45,4	120,0	9,07	5,43	4,67 - 6,30
BIK 5-6	38	0	100	1,3	3,7	23,0	54,9		160,0	9,56	4,30	2,99 - 6,17
BIK 7-10	407	5	99	1,8	4,8	15,0	23,2	33,2	110,0	7,13	4,88	4,50 - 5,28
Sozioökonomischer Status*												
niedrig	125	5	96	1,1	4,8	15,0	20,8	31,0	49,0	6,54	4,04	3,37 - 4,84
mittel	371	0	100	2,0	4,6	18,0	27,1	44,2	160,0	8,33	5,31	4,87 - 5,79
hoch	118	0	100	1,9	4,7	20,8	27,5	35,1	95,0	7,65	5,12	4,40 - 5,96
Wohnort**												
alte Länder	520	5	99	1,7	4,5	17,0	27,0	34,6	110,0	7,44	4,78	4,43 - 5,16
neue Länder	95	0	100	2,3	5,6	19,2	43,0	56,0	160,0	9,90	6,23	5,23 - 7,41
Migrationshintergrund												
ohne	459	5	99	2,0	4,7	16,3	29,0	43,5	160,0	7,96	5,06	4,66 - 5,48
einseitig	51	0	100	1,7	3,7	18,0	23,1	41,6	45,0	6,43	4,31	3,40 - 5,46
zweiseitig	103	0	100	1,5	4,8	19,3	27,0	33,4	38,0	7,97	5,09	4,23 - 6,12
Rauchstatus												
Nichtraucher	601	5	99	1,8	4,7	17,0	27,0	38,0	160,0	7,78	4,94	4,61 - 5,31
Raucher	14	0	100	3,0	5,6	19,2			20,0	9,61	6,88	4,19 - 11,29
Anzahl Raucher im Haushalt												
kein Raucher	390	5	99	1,7	4,3	17,0	27,0	36,8	120,0	7,60	4,76	4,34 - 5,22
ein Raucher	149	0	100	1,8	4,8	15,4	31,0	38,0	160,0	7,56	5,07	4,44 - 5,80
mehr als ein	77	0	100	2,6	5,2	18,0	41,8	78,8	98,0	9,43	6,08	5,06 - 7,3
Verwendung von Fußbodenreiniger												
Ja	255	5	98	1,6	4,6	16,1	26,2	38,0	95,0	7,07	4,65	4,18 - 5,19
Nein	360	0	100	1,9	4,8	18,0	29,1	38,7	160,0	8,36	5,23	4,77 - 5,74
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	0	100	3,0	7,1	35,6			38,0	10,3	7,22	4,73 - 11,03
Nein	594	5	99	1,8	4,6	17,0	27,0	38,0	160,0	7,76	4,92	4,58 - 5,29

Tabelle C 16 m-, p-Xylen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

m-, p-Xylen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	28	95	0,8	1,9	11,0	15,0	35,0	93,0	4,32	2,25	2,07 - 2,43
Geschlecht												
Jungen	314	17	95	0,8	2,0	10,7	15,0	17,6	72,0	3,70	2,20	1,98 - 2,44
Mädchen	301	11	96	0,8	1,8	11,0	18,6	51,0	93,0	4,97	2,29	2,03 - 2,59
Lebensalter**												
3 bis 5 Jahre	118	3	98	0,8	1,6	8,2	15,0	22,7	66,0	3,66	2,09	1,77 - 2,47
6 bis 10 Jahre	194	15	92	0,8	2,4	14,1	21,2	51,0	73,0	5,63	2,76	2,36 - 3,22
11 bis 13 Jahre	122	6	95	0,8	1,5	13,0	16,8	49,4	93,0	5,02	2,21	1,81 - 2,70
14 bis 17 Jahre	181	4	98	0,9	1,8	6,0	11,9	15,0	61,0	2,88	1,91	1,70 - 2,15
Gemeindetyp												
BIK 1-4	170	11	93	0,6	2,1	13,0	15,0	19,0	44,0	4,73	2,58	2,18 - 3,05
BIK 5-6	38	3	92	0,7	1,3	22,5	34,6		73,0	6,00	2,11	1,39 - 3,21
BIK 7-10	407	14	97	0,9	1,9	6,7	14,1	49,5	93,0	3,99	2,13	1,95 - 2,33
Sozioökonomischer Status												
niedrig	125	8	93	0,6	1,7	13,0	14,6	17,0	36,0	3,67	2,02	1,68 - 2,42
mittel	371	18	95	0,8	1,9	10,8	18,0	51,0	93,0	4,70	2,32	2,09 - 2,57
hoch	118	2	98	0,9	1,8	8,7	12,0	27,7	73,0	3,85	2,29	1,95 - 2,69
Wohnort												
alte Länder	520	25	95	0,8	1,9	10,2	15,0	31,6	93,0	4,22	2,20	2,02 - 2,40
neue Länder	95	3	96	0,8	2,1	16,6	22,2	36,6	73,0	4,84	2,50	2,03 - 3,08
Migrationshintergrund*												
ohne	459	22	95	0,8	1,9	11,0	15,0	22,6	93,0	4,11	2,20	2,01 - 2,41
einseitig	51	4	92	0,7	1,5	7,0	15,0	31,0	35,0	3,06	1,81	1,40 - 2,35
zweiseitig	103	2	98	1,0	2,2	15,0	51,0	51,0	51,0	5,92	2,75	2,24 - 3,39
Rauchstatus*												
Nichtraucher	601	28	95	0,8	1,9	9,5	15,0	35,3	93,0	4,27	2,21	2,04 - 2,40
Raucher	14	0	100	1,8	2,3	15,0			15,0	6,55	4,15	2,36 - 7,31
Anzahl Raucher im Haushalt*												
kein Raucher	390	25	94	0,7	1,9	8,8	13,6	22,0	93,0	3,81	2,11	1,92 - 2,33
ein Raucher	149	2	98	0,9	1,7	12,0	18,0	51,0	61,0	4,95	2,25	1,91 - 2,65
mehr als ein	77	1	98	1,0	2,4	15,0	18,8	50,9	72,0	5,70	3,03	2,41 - 3,82
Verwendung von Fußbodenreiniger												
Ja	255	16	94	0,8	1,7	7,4	13,1	51,0	73,0	4,12	2,06	1,83 - 2,33
Nein	360	13	96	0,8	2,0	13,0	15,0	22,4	93,0	4,46	2,38	2,14 - 2,65
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	0	100	1,2	2,2	3,6			3,6	2,16	2,02	1,66 - 2,46
Nein	594	28	95	0,8	1,9	11,0	15,0	35,4	93,0	4,39	2,24	2,07 - 2,43

Tabelle C 17 o-Xylen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$

o-Xylen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	278	55	0,4	0,7	3,4	6,0	11,0	39,0	1,57	0,88	0,81 - 0,94
Geschlecht												
Jungen	314	136	57	0,4	0,8	3,0	5,5	7,3	30,0	1,44	0,86	0,79 - 0,95
Mädchen	301	142	53	0,4	0,7	4,1	6,3	11,0	39,0	1,72	0,89	0,79 - 0,99
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	118	63	47	0,4	0,4	3,1	6,9	17,1	25,0	1,52	0,79	0,67 - 0,94
6 bis 10 Jahre	194	66	66	0,4	0,8	5,1	7,7	11,0	28,0	1,89	1,06	0,93 - 1,22
11 bis 13 Jahre	122	67	45	0,4	0,4	4,0	6,4	16,6	39,0	1,81	0,87	0,73 - 1,04
14 bis 17 Jahre	181	82	55	0,4	0,7	2,3	4,6	5,5	19,0	1,11	0,76	0,68 - 0,85
Gemeindetyp**												
BIK 1-4	170	62	64	0,4	0,9	4,2	6,5	7,9	14,0	1,73	1,08	0,93 - 1,24
BIK 5-6	38	24	36	0,4	0,4	10,6	20,0		28,0	2,78	0,91	0,60 - 1,38
BIK 7-10	407	192	53	0,4	0,7	2,7	5,6	11,0	39,0	1,39	0,80	0,74 - 0,87
Sozioökonomischer Status												
niedrig	125	63	50	0,4	0,4	2,7	6,5	7,4	12,0	1,30	0,79	0,68 - 0,92
mittel	371	163	56	0,4	0,7	4,0	6,1	11,0	39,0	1,71	0,91	0,83 - 1,00
hoch	118	50	57	0,4	0,8	3,1	4,6	10,0	30,0	1,46	0,87	0,74 - 1,02
Wohnort												
alte Länder	520	240	54	0,4	0,7	3,4	5,7	11,0	39,0	1,54	0,86	0,80 - 0,93
neue Länder	95	38	60	0,4	0,8	5,5	7,5	13,2	28,0	1,77	0,96	0,79 - 1,17
Migrationshintergrund												
ohne	459	206	55	0,4	0,7	3,4	6,0	8,5	39,0	1,53	0,87	0,8 - 0,94
einseitig	51	29	44	0,4	0,4	2,2	12,5	20,0	20,0	1,55	0,75	0,58 - 0,97
zweiseitig	103	42	59	0,4	0,7	5,2	11,0	11,0	11,0	1,77	0,97	0,80 - 1,18
Rauchstatus**												
Nichtraucher	601	277	54	0,4	0,7	3,4	6,0	11,0	39,0	1,55	0,86	0,80 - 0,93
Raucher	14	1	96	0,7	0,9	5,5			5,5	2,42	1,63	0,97 - 2,73
Anzahl Raucher im Haushalt*												
kein Raucher	390	180	54	0,4	0,7	3,0	4,8	8,4	39,0	1,47	0,85	0,78 - 0,93
ein Raucher	149	77	49	0,4	0,4	4,6	7,2	11,0	19,0	1,55	0,82	0,70 - 0,96
mehr als ein	77	22	72	0,4	0,9	5,5	7,9	19,5	30,0	2,16	1,14	0,90 - 1,43
Verwendung von Fußbodenreiniger*												
Ja	255	129	50	0,4	0,4	2,5	6,1	11,0	28,0	1,35	0,78	0,70 - 0,87
Nein	360	149	59	0,4	0,8	4,3	6,0	10,3	39,0	1,73	0,95	0,86 - 1,04
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	8	52	0,4	0,7	1,6			1,7	0,74	0,65	0,5 - 0,85
Nein	594	270	55	0,4	0,7	3,5	6,0	11,0	39,0	1,60	0,88	0,82 - 0,95

Tabelle C 18 Styren in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Styren	N	n <	% \geq	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	355	149	58	0,5	0,9	2,7	4,4	6,5	14,0	1,40	0,97	0,89 - 1,05
Geschlecht***												
Jungen	179	65	64	0,5	1,0	4,0	5,7	13,2	14,0	1,70	1,11	0,98 - 1,25
Mädchen	176	84	52	0,5	0,8	2,4	2,9	4,8	7,5	1,09	0,85	0,77 - 0,93
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	78	29	63	0,5	0,9	2,6	5,9	6,5	11,0	1,29	0,94	0,81 - 1,10
6 bis 10 Jahre	103	35	66	0,5	1,1	3,1	6,4	14,0	14,0	1,79	1,14	0,97 - 1,35
11 bis 13 Jahre	70	32	54	0,5	0,8	2,6	4,4	5,8	7,5	1,28	0,93	0,78 - 1,12
14 bis 17 Jahre	104	54	48	0,5	0,5	3,6	4,2	4,4	5,1	1,17	0,86	0,75 - 0,99
Gemeindetyp												
BIK 1-4	106	42	60	0,5	0,9	4,2	4,4	5,1	11,0	1,51	1,06	0,91 - 1,24
BIK 5-6	24	7	73	0,5	1,1	2,7	3,3		5,1	1,19	1,01	0,78 - 1,29
BIK 7-10	225	100	55	0,5	0,8	2,4	4,9	7,1	14,0	1,37	0,92	0,84 - 1,02
Sozioökonomischer Status												
niedrig	56	18	68	0,5	1,1	1,6	2,2	4,0	4,0	1,07	0,93	0,81 - 1,07
mittel	234	111	53	0,5	0,8	2,9	4,4	6,5	11,0	1,30	0,92	0,83 - 1,01
hoch	63	21	67	0,5	1,1	4,4	14,0	14,0	14,0	1,98	1,17	0,94 - 1,47
Wohnort												
alte Länder	299	128	57	0,5	0,9	2,6	4,4	6,5	14,0	1,40	0,97	0,89 - 1,05
neue Länder	56	21	62	0,5	0,9	3,9	5,1	9,5	11,0	1,37	0,98	0,81 - 1,20
Migrationshintergrund												
ohne	257	112	57	0,5	0,9	3,4	5,0	6,5	14,0	1,49	0,99	0,89 - 1,09
einseitig	32	12	63	0,5	1,0	2,6	4,1		7,5	1,28	1,00	0,78 - 1,28
zweiseitig	65	25	61	0,5	0,9	2,6	4,4	4,4	4,4	1,12	0,89	0,76 - 1,04
Rauchstatus***												
Nichtraucher	348	149	57	0,5	0,9	2,6	4,2	6,5	14,0	1,35	0,94	0,87 - 1,02
Raucher	7	0	100	1,2	4,4				4,4	3,74	3,42	2,12 - 5,53
Anzahl Raucher im												
kein Raucher	208	87	58	0,5	0,9	2,4	4,0	6,5	11,0	1,25	0,94	0,85 - 1,03
ein Raucher	95	50	47	0,5	0,5	3,6	5,4	14,0	14,0	1,66	0,95	0,79 - 1,14
mehr als ein Raucher	52	12	77	0,5	1,0	4,1	4,4	4,4	4,4	1,50	1,15	0,95 - 1,41
Verwendung von												
Ja	132	53	60	0,5	0,9	2,8	5,4	14,0	14,0	1,60	1,02	0,89 - 1,18
Nein	223	96	57	0,5	0,9	2,7	4,4	5,5	11,0	1,28	0,94	0,85 - 1,03
Fußbodenbelag aus												
Ja	15	4	71	0,5	0,9	2,6			2,6	1,07	0,91	0,66 - 1,26
Nein	336	145	57	0,5	0,9	2,9	4,4	6,5	14,0	1,41	0,97	0,89 - 1,05

Tabelle C 19 1,2,4-Trimethylbenzen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1,2,4-Trimethylbenzen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	176	62	65	0,4	0,8	5,3	8,8	13,0	50,0	2,20	1,08	0,93 - 1,27
Geschlecht												
Jungen	75	21	72	0,4	0,9	4,3	6,5	13,0	50,0	1,94	1,09	0,88 - 1,35
Mädchen	101	41	60	0,4	0,8	7,8	10,0	22,4	35,0	2,40	1,08	0,87 - 1,35
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	50	18	63	0,4	0,8	3,7	7,5	13,0	13,0	1,72	0,99	0,75 - 1,30
6 bis 10 Jahre	46	10	79	0,4	1,0	4,9	8,0		35,0	2,32	1,31	0,98 - 1,76
11 bis 13 Jahre	31	12	60	0,4	0,9	10,0	29,4		50,0	3,91	1,33	0,81 - 2,18
14 bis 17 Jahre	50	21	57	0,4	0,7	5,6	8,0	9,9	9,9	1,53	0,88	0,68 - 1,15
Gemeindetyp												
BIK 1-4	37	16	57	0,4	0,6	7,8	10,0		10,0	2,07	1,01	0,70 - 1,46
BIK 5-6	14	5	64	0,4	0,7	13,0			35,0	3,85	1,30	0,59 - 2,89
BIK 7-10	125	41	67	0,4	0,9	4,3	7,8	11,9	50,0	2,05	1,09	0,91 - 1,29
Sozioökonomischer Status												
niedrig	20	7	65	0,4	0,8	6,1	6,5		6,5	1,95	1,20	0,73 - 1,96
mittel	122	45	63	0,4	0,8	6,3	10,0	13,0	31,0	2,18	1,06	0,88 - 1,28
hoch	34	10	72	0,4	0,8	6,5	10,0		50,0	2,43	1,10	0,77 - 1,56
Wohnort												
alte Länder	154	52	66	0,4	0,8	4,9	9,4	13,0	50,0	2,15	1,08	0,92 - 1,28
neue Länder	22	9	58	0,4	1,0	7,8	25,1		35,0	2,53	1,09	0,66 - 1,81
Migrationshintergrund												
ohne	125	47	63	0,4	0,7	6,8	9,9	19,2	50,0	2,40	1,09	0,9 - 1,33
einseitig	18	7	60	0,4	0,8	11,4			13,0	2,11	1,00	0,59 - 1,7
zweiseitig	32	8	76	0,4	1,0	2,6	4,6		4,6	1,44	1,08	0,82 - 1,43
Rauchstatus												
Nichtraucher	175	61	65	0,4	0,8	5,4	8,9	13,0	50,0	2,21	1,09	0,93 - 1,27
Raucher	1		100								0,41	
Anzahl Raucher im												
kein Raucher	106	34	67	0,4	0,9	5,2	10,0	13,0	35,0	2,21	1,17	0,96 - 1,43
ein Raucher	49	21	59	0,4	0,7	1,9	7,7	7,8	7,8	1,20	0,80	0,64 - 0,10
mehr als ein Raucher	21	7	67	0,4	0,9	15,0	44,7		50,0	4,53	1,50	0,79 - 2,84
Verwendung von												
Ja	61	22	63	0,4	0,7	6,2	10,0	21,5	35,0	1,88	0,92	0,71 - 1,19
Nein	115	39	66	0,4	1,0	6,1	8,4	16,0	50,0	2,37	1,18	0,97 - 1,44
Fußbodenbelag aus												
Ja	5	1	81	0,4	0,8				8,8	2,44	1,14	0,27 - 4,82
Nein	167	61	64	0,4	0,9	5,2	9,5	13,0	50,0	2,23	1,09	0,93 - 1,28

C.4 Carbonsäureester

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 20 Carbonsäureester für die keine Kennwerttabelle dargestellt werden

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
1-Methoxy-2-propanolacetat	0,6	154	98	37

Tabelle C 21 Ethylacetat in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ethylacetat	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	154	24	84	1	17	84	204	270	1200	44,2	13,4	10,58 - 16,99
Geschlecht												
Jungen	63	7	88	1	16	84	230	270	270	31,2	12,8	9,19 - 17,84
Mädchen	92	17	82	1	17	127	200	882	1200	53,0	13,8	9,92 - 19,30
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	44	6	85	1	15	30	71		210	19,0	10,3	7,25 - 14,72
6 bis 10 Jahre	39	7	83	1	12	29	200		230	23,5	9,4	6,06 - 14,43
11 bis 13 Jahre	27	4	86	1	19	214	270		270	62,9	20,5	10,4 - 40,53
14 bis 17 Jahre	45	7	84	1	21	115	493		1200	75,7	18,4	11,12 - 30,35
Gemeindetyp***												
BIK 1-4	31	7	79	1	15	121	205		210	30,8	10,7	6,09 - 18,94
BIK 5-6	10	7	31	1	1	25			25	5,1	2,3	1,04 - 5,28
BIK 7-10	113	11	91	2	17	84	230	491	1200	51,4	16,7	12,85 - 21,61
Sozioökonomischer Status												
niedrig	18	0	100	6	17	28			52	17,0	15,1	11,53 - 19,65
mittel	106	21	80	1	15	104	208	611	1200	51,0	12,4	9,06 - 17,04
hoch	30	3	91	3	21	175	230		230	36,5	16,4	10,06 - 26,77
Wohnort												
alte Länder	135	20	85	1	17	110	219	277	1200	47,9	13,9	10,74 - 18,06
neue Länder	20	4	82	1	12	52	180		200	19,0	10,4	5,76 - 18,60
Migrationshintergrund												
ohne	110	19	83	1	16	93	206	552	1200	49,5	13,5	10,08 - 18,16
einseitig	15	0	100	4	23	138			170	29,3	16,1	8,61 - 30,16
zweiseitig	29	5	81	1	17	61	270		270	32,8	12,2	7,05 - 20,99
Fußbodenbelag aus Holzparkett im Raum												
Ja	25	3	87	1	18	84	171		270	27,9	11,9	6,66 - 21,33
Nein	126	21	83	1	16	117	221	280	1200	48,1	13,5	10,31 - 17,71
Holzparkett behandelt												
Ja	12	2	81	1	16	24			28	11,2	7,0	3,29 - 14,88
Nein	13	1	93	3	25	154			270	43,2	19,5	7,99 - 47,6
Fußbodenbelag aus Holzdielen im Raum												
Ja	13	2	84	1	15	200			200	53,7	15,2	5,32 - 43,51
Nein	137	22	84	1	16	82	215	276	1200	43,9	13,1	10,16 - 16,78
Holzdielen behandelt												
Ja	5	0	96	5	15				180	21,3	14,9	5,42 - 41,20
Nein	6	1	89	1	116				200	105,	39,4	4,44 - 350,18

Tabelle C 22 Butylacetat in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Butylacetat	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	333	9	97	1,1	4,9	24,9	31,8	61,2	150,0	10,2	4,99	4,40 - 5,65
Geschlecht												
Jungen	166	5	97	1,0	3,9	16,0	17,0	21,4	35,0	6,19	3,99	3,43 - 4,65
Mädchen	167	3	98	1,3	5,5	31,0	47,0	150,0	150,0	14,3	6,21	5,13 - 7,53
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	73	3	95	1,1	3,1	14,0	17,0	28,6	32,0	5,63	3,51	2,76 - 4,45
6 bis 10 Jahre	96	1	99	1,5	4,7	16,1	29,0	33,7	74,0	7,02	4,63	3,88 - 5,54
11 bis 13 Jahre	66	3	96	1,2	4,8	33,6	42,2	130,7	150,0	13,5	5,72	4,10 - 7,97
14 bis 17 Jahre	98	2	98	1,0	6,7	28,4	61,5	150,0	150,0	14,7	6,34	4,91 - 8,18
Gemeindetyp												
BIK 1-4	100	7	93	0,8	3,6	21,0	29,0	45,4	85,0	8,03	4,27	3,37 - 5,40
BIK 5-6	20	0	100	1,2	4,5	30,7	31,0		31,0	8,43	4,60	2,68 - 7,90
BIK 7-10	213	2	99	1,2	5,0	27,0	35,6	139,5	150,0	11,5	5,41	4,64 - 6,30
Sozioökonomischer Status												
niedrig	55	2	96	1,0	3,6	17,3	28,3	150,0	150,0	10,0	3,77	2,71 - 5,25
mittel	218	5	98	1,3	5,1	27,0	34,0	58,0	150,0	10,6	5,26	4,50 - 6,15
hoch	59	1	98	1,5	5,8	15,4	31,0	125,6	150,0	8,76	5,09	3,94 - 6,58
Wohnort												
alte Länder	280	4	98	1,1	5,0	25,7	33,2	93,5	150,0	10,8	5,19	4,53 - 5,95
neue Länder	53	4	92	0,8	3,3	17,0	28,7	52,4	74,0	7,15	4,03	2,95 - 5,50
Migrationshintergrund												
ohne	241	9	96	1,2	4,6	27,0	34,0	74,7	150,0	10,5	4,87	4,19 - 5,66
einseitig	29	0	100	1,7	5,4	22,8	47,3		150,0	9,62	4,96	3,37 - 7,29
zweiseitig	62	0	100	1,1	6,4	16,0	24,0	90,9	120,0	9,62	5,58	4,25 - 7,33
Fußbodenbelag aus Holzparkett im Raum												
Ja	56	2	96	1,2	5,8	27,0	34,5	144,7	150,0	13,0	5,87	4,18 - 8,24
Nein	273	7	98	1,1	4,4	18,0	32,8	54,9	150,0	9,69	4,76	4,16 - 5,44
Holzparkett behandelt												
Ja	18	2	90	0,5	3,2	13,0			85,0	5,36	3,01	1,73 - 5,24
Nein	37	0	100	1,9	7,3	29,9	108		150,0	16,6	8,06	5,39 - 12,07
Fußbodenbelag aus Holzdielen im Raum												
Ja	41	4	91	1,1	4,4	34,0	40,0		40,0	10,9	5,17	3,36 - 7,93
Nein	288	5	98	1,1	4,8	21,8	30,0	85,9	150,0	10,1	4,90	4,30 - 5,58
Holzdielen behandelt												
Ja	20	0	100	1,5	5,9	27,4	29,0		29,0	9,79	5,99	3,57 - 10,03
Nein	16	2	85	0,4	7,8	40,0			40,0	15,1	6,47	2,78 - 15,07

C.5 Glycolether

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 23 Glycolether für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
2-Phenoxyethanol	2,8	154	114	26
2-Propylenglykol-1-methylether	1,0	154	85	45
1-Butoxy-2-propanol	2,0	154	77	50
1-Phenoxy-2-propanol	2,9	154	154	0
Dipropylenglykolmonobutylether	5,1	137	134	2
Texanol	4,5	137	133	3

Tabelle C 24 TXIB in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$

TXIB	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	333	89	73	0,4	1,2	7,4	11,0	13,0	25,0	2,60	1,44	1,28 - 1,61
Geschlecht												
Jungen	166	57	66	0,4	1,0	5,5	11,0	13,0	25,0	2,18	1,15	0,98 - 1,34
Mädchen	167	32	81	0,4	1,9	8,6	11,0	12,0	18,0	3,01	1,79	1,53 - 2,10
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	73	3	96	0,9	2,5	10,3	11,0	14,2	18,0	3,73	2,60	2,12 - 3,18
6 bis 10 Jahre	96	16	84	0,4	1,6	11,0	12,0	13,9	15,0	3,08	1,79	1,46 - 2,20
11 bis 13 Jahre	66	18	73	0,4	1,2	4,8	7,0	20,3	25,0	2,30	1,34	1,06 - 1,71
14 bis 17 Jahre	98	52	47	0,4	0,4	2,1	13,0	13,0	21,0	1,48	0,78	0,65 - 0,93
Gemeindetyp												
BIK 1-4	100	28	72	0,4	1,1	11,0	13,0	13,0	21,0	3,09	1,53	1,22 - 1,91
BIK 5-6	20	5	73	0,4	1,2	3,8	11,8		14,0	1,66	1,19	0,82 - 1,73
BIK 7-10	213	56	74	0,4	1,2	5,3	11,0	11,8	25,0	2,45	1,42	1,24 - 1,63
Sozioökonomischer Status												
niedrig	55	7	87	0,4	1,6	11,0	11,0	14,4	15,0	3,33	1,95	1,47 - 2,60
mittel	218	63	71	0,4	1,1	7,4	12,0	13,0	25,0	2,54	1,38	1,20 - 1,59
hoch	59	18	70	0,4	1,0	5,5	10,3	14,3	18,0	2,16	1,29	1,00 - 1,66
Wohnort												
alte Länder	280	79	72	0,4	1,1	8,6	11,0	13,0	25,0	2,68	1,44	1,27 - 1,63
neue Länder	53	10	81	0,4	1,2	4,9	6,0	14,6	15,0	2,15	1,42	1,11 - 1,82
Migrationshintergrund												
ohne	241	67	72	0,4	1,1	5,5	11,0	12,1	25,0	2,44	1,36	1,20 - 1,55
einseitig	29	6	80	0,4	1,8	4,4	5,2		6,0	1,95	1,43	1,04 - 1,96
zweiseitig	62	16	75	0,4	1,4	11,0	13,0	13,0	13,0	3,46	1,75	1,30 - 2,37
Letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen												
	9	0	95	0,6	0,8	2,7			2,7	1,24	1,03	0,65 - 1,65
Vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	21	5	75	0,4	1,9	2,8	4,4		12,0	1,85	1,46	1,03 - 2,08
Mehr als 6 Monate bis 2 Jahre												
	79	20	75	0,4	1,0	8,4	12,0	17,1	21,0	2,70	1,46	1,15 - 1,85
Vor mehr als 2 Jahren												
	224	63	72	0,4	1,2	8,5	11,0	13,0	25,0	2,68	1,44	1,26 - 1,66

C.6 Halogenierte Verbindungen

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 25 Halogenierte Verbindungen für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
1,1,1-Trichlorethan	1,0	155	154	0
Trichlorethen	0,67	154	154	0
Tetrachlorethen	0,6	154	152	2
1,4-Dichlorbenzen	0,67	154	154	0

C.7 Naphthalin

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 26 Naphthalin für die keine Kennwerttabelle dargestellt wird

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
Naphthalin	0,51	615	504	18

C.8 Phenole

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze lagen:

Tabelle C 27 Phenole für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	Bestimmungsgrenze	N	n < BG	% ≥ BG
4-Phenylcyclohexen	0,6	176	176	0

Tabelle C 28 Phenol in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Phenol	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	6	215	65	0,7	1,2	2,5	2,8	3,8	4,9	1,42	1,23	1,18 - 1,28
Geschlecht												
Jungen	3	113	64	0,7	1,3	2,4	3,3	3,8	4,9	1,45	1,25	1,17 - 1,32
Mädchen	3	102	66	0,7	1,2	2,6	2,8	3,5	4,1	1,38	1,21	1,14 - 1,28
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	1	44	62	0,7	1,2	2,2	2,4	3,4	4,5	1,34	1,18	1,07 - 1,29
6 bis 10 Jahre	1	58	70	0,7	1,3	2,7	3,3	4,1	4,1	1,52	1,32	1,22 - 1,42
11 bis 13 Jahre	1	51	59	0,7	1,1	2,6	3,8	3,8	4,9	1,36	1,15	1,04 - 1,27
14 bis 17 Jahre	1	63	66	0,7	1,2	2,5	2,8	3,3	4,3	1,40	1,22	1,14 - 1,32
Gemeindetyp												
BIK 1-4	1	58	66	0,7	1,2	3,0	3,8	4,1	4,9	1,55	1,30	1,19 - 1,42
BIK 5-6	3	15	61	0,7	1,2	2,1	3,3		3,5	1,28	1,13	0,96 - 1,33
BIK 7-10	4	143	65	0,7	1,3	2,3	2,7	3,3	4,5	1,38	1,21	1,15 - 1,27
Sozioökonomischer Status												
niedrig	1	49	61	0,7	1,3	2,8	3,8	4,1	4,3	1,54	1,28	1,15 - 1,42
mittel	3	127	66	0,7	1,2	2,4	2,8	3,5	4,9	1,39	1,22	1,16 - 1,29
hoch	1	38	68	0,7	1,2	2,4	2,7	3,6	3,9	1,37	1,21	1,10 - 1,32
Wohnort**												
alte Länder	5	195	62	0,7	1,2	2,4	2,8	3,8	4,9	1,39	1,20	1,14 - 1,25
neue Länder	9	20	79	0,7	1,4	2,6	3,3	3,5	4,5	1,59	1,42	1,28 - 1,56
Migrationshintergrund												
ohne	4	165	64	0,7	1,2	2,5	3,0	3,8	4,9	1,42	1,22	1,17 - 1,29
einseitig	5	20	62	0,7	1,2	2,5	3,3	3,6	3,6	1,41	1,22	1,04 - 1,42
zweiseitig	1	30	71	0,7	1,3	2,7	2,8	3,3	3,7	1,40	1,25	1,13 - 1,37
Rauchstatus												
Nichtraucher	6	212	65	0,7	1,2	2,4	2,8	3,8	4,9	1,41	1,22	1,17 - 1,27
Raucher	1	3	80	0,7	1,2	2,8			2,8	1,73	1,50	1,08 - 2,08
Anzahl Raucher im Haushalt***												
kein Raucher	3	131	66	0,7	1,3	2,5	2,8	3,8	4,9	1,42	1,24	1,17 - 1,3
ein Raucher	1	64	57	0,7	1,1	2,3	2,5	3,5	3,7	1,25	1,10	1,01 - 1,19
mehr als ein Raucher	7	21	73	0,7	1,6	3,2	4,1	4,2	4,3	1,74	1,48	1,29 - 1,69
Verwendung von Desinfektionsmittel												
Ja	7	0	100	1,2	1,2				2,7	1,46	1,38	1,00 - 1,91
Nein	6	215	65	0,7	1,2	2,5	2,8	3,8	4,9	1,42	1,23	1,18 - 1,28
Fenster zur Straße im Hauptaufenthaltsraum***												
Ja	3	119	65	0,7	1,2	2,4	2,8	3,7	4,5	1,39	1,22	1,15 - 1,29
Nein	2	97	64	0,7	1,2	2,6	3,1	3,9	4,9	1,45	1,24	1,16 - 1,32

Phenol	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Verkehr vor der Wohnung/ dem Haus*												
extrem stark befahrenen Durchgangsstraße	8	1	84	0,7	1,9				4,1	2,19	1,82	1,06 - 3,12
stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraße	8	23	71	0,7	1,5	2,7	3,2	4,1	4,1	1,58	1,37	1,22 - 1,55
beträchtlich befahrenen Nebenstraße	7	35	50	0,7	1,0	2,8	2,9	3,5	4,5	1,37	1,14	0,99 - 1,31
mäßig befahrenen Nebenstraße	1	63	65	0,7	1,2	2,4	2,8	3,5	4,3	1,33	1,18	1,09 - 1,26
sehr wenig befahrenen Straße (Anliegerstraße, Weg, verkehrsberuhigte Zone)	2	84	68	0,7	1,3	2,3	3,3	3,8	4,9	1,43	1,25	1,17 - 1,33

C.9 Sauerstoffhaltige Verbindungen

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze [BG in µg/m³] lagen:

Tabelle C 29 Sauerstoffhaltige Verbindungen für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	BG	N	n < BG	% ≥ BG
Diethylenglykoldimethylether	1,0	594	592	0
Ethylenglykolmonoethylether	5,0	154	154	0
Ethylenglykolbutylether	5,0	154	145	6
Ethylenglykolbutyletheracetat	5,0	154	154	0
Diethylenglykolbutylether	19	126	126	0

C.10 Siloxane

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze [BG in µg/m³] lagen:

Tabelle C 30 Siloxane für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	BG	N	n < BG	% ≥ BG
D3	1,1	15	107	30
D4	1,0	15	125	19

Tabelle C 31 D5 in der Innenraumluft [µg/m³]; Bestimmungsgrenze 1,0 µg/m³

D5	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	594	53	91	1,1	14,0	110,	151,	240,0	800,0	39,7	12,1	10,59 - 13,81
Geschlecht***												
Jungen	301	29	91	1,0	11,0	65,6	112,	198,3	380,0	28,0	9,15	7,65 - 10,95
Mädchen	292	25	92	1,2	17,0	140,	190,	412,9	800,0	51,8	16,1	13,32 - 19,53
Lebensalter**												
3 bis 5 Jahre	112	9	92	1,4	11,0	95,7	134,	190,0	340,0	28,7	10,8	8,21 - 14,27
6 bis 10 Jahre	187	18	90	1,0	9,8	77,0	200,	380,0	420,0	34,5	8,93	7,01 - 11,38
11 bis 13 Jahre	119	12	90	0,7	18,1	110,	120,	709,1	800,0	46,2	13,5	9,99 - 18,37
14 bis 17 Jahre	176	14	92	1,7	19,0	140,	150,	285,4	730,0	48,1	16,6	13,00 - 21,22
Gemeindetyp**												
BIK 1-4	165	23	86	0,7	10,3	80,0	160,	240,0	270,0	28,6	8,64	6,72 - 11,10
BIK 5-6	34	5	85	0,7	15,4	72,3	132,		470,0	26,9	10,3	6,03 - 17,77
BIK 7-10	395	25	94	1,4	17,0	120,	170,	380,0	800,0	45,5	14,1	11,99 - 16,59
Sozioökonomischer Status***												
niedrig	124	20	84	0,7	7,1	138,	180,	199,6	270,0	27,9	7,25	5,36 - 9,80
mittel	355	20	94	1,5	19,0	103,	146,	238,9	800,0	40,9	14,4	12,23 - 16,96
hoch	114	11	90	0,8	15,2	110,	380,	522,1	600,0	49,5	12,7	9,27 - 17,58
Wohnort												
alte Länder	501	50	90	0,7	14,0	110,	156,	266,6	800,0	40,1	11,8	10,26 - 13,74
neue Länder	93	3	97	1,7	13,1	133,	170,	237,8	470,0	37,6	13,4	9,73 - 18,46
D5	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM

Migrationshintergrund												
ohne	443	48	89	0,7	13,0	100,	150,	240,0	730,0	37,4	11,4	9,77 - 13,36
einseitig	48	4	91	1,3	8,8	175,	667,		800,0	65,3	11,3	6,72 - 19,05
zweiseitig	101	0	100	2,7	17,0	121,	140,	190,0	210,0	37,8	16,1	12,16 - 21,31
Letzte Renovierung im Hauptaufenthaltsraum												
In den letzten 4 Wochen												
	17	0	100	1,3	28,0	109,			190,0	43,2	20,1	9,20 - 44,12
Vor mehr als 1 bis 6 Monaten												
	50	7	85	0,7	16,0	68,0	110,	227,5	230,0	31,8	12,8	8,01 - 20,52
Mehr als 6 Monate bis 2 Jahre												
	142	7	95	1,8	11,0	170,	240,	380,0	730,0	48,1	13,3	10,11 - 17,62
Vor mehr als 2 Jahren												
	384	38	90	0,7	14,0	100,	140,	190,0	800,0	37,4	11,2	9,58 - 13,31
Verwendung von Weichspüler												
Ja	340	22	94	1,4	14,0	124,	170,	250,4	730,0	40,2	13,2	11,18 - 15,79
Nein	253	32	88	0,7	13,0	94,3	138,	378,3	800,0	39,2	10,6	8,65 - 13,12
Verwendung von Körper-Waschlotion/ Duschgel**												
Häufiger als einmal pro Woche												
	487	42	91	1,1	16,0	120,	150,	273,5	800,0	42,3	12,9	11,13 - 14,95
Einmal pro Woche oder seltener												
	97	7	93	1,2	11,0	77,0	184,	190,0	190,0	27,2	10,1	7,50 - 13,67
nie												
	9	3	63	0,7	2,3	411,			420,0	37,5	2,71	0,66 - 11,16
Verwendung von Körperlotion und Cremes***												
häufiger als einmal pro Woche												
	210	11	95	1,6	25,4	170,	202,	600,0	800,0	64,6	20,7	16,43 - 26,10
etwa einmal pro Woche												
	102	8	92	1,0	13,0	96,7	102,	147,8	290,0	29,0	12,5	9,37 - 16,87
seltener als einmal pro Woche												
	127	12	90	1,0	10,0	93,7	140,	380,0	380,0	34,8	10,2	7,71 - 13,75
nie												
	154	22	86	0,7	7,7	43,3	69,7	106,0	420,0	17,0	6,49	5,16 - 8,15
Verwendung von Deodorants***												
häufiger als einmal pro Woche												
	235	14	94	1,8	24,0	120,	150,	554,8	800,0	55,3	19,8	16,09 - 24,35
einmal pro Woche oder seltener												
	35	7	81	0,7	13,9	140,	140,		140,0	34,7	11,1	5,10 - 20,74
nie												
	323	32	90	0,8	8,7	86,3	170,	240,0	420,0	29,0	8,53	7,19 - 10,12

C.11 Terpene

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze [BG in $\mu\text{g}/\text{m}^3$] lagen:

Tabelle C 32 Terpene für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	BG	N	n < BG	% \geq BG
Longifolen	5,0	176	107	0

Tabelle C 33 α -Pinen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

α -Pinen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	9	99	1,5	6,4	30,0	42,0	110,0	200,0	13,6	6,75	6,16 - 7,39
Geschlecht												
Jungen	314	5	98	1,3	5,8	30,0	54,0	133,4	150,0	14,1	6,47	5,67 - 7,39
Mädchen	301	4	99	1,8	6,8	28,0	41,1	103,5	200,0	13,0	7,05	6,22 - 7,99
Lebensalter***												
3 bis 5 Jahre	118	0	100	1,4	7,9	47,3	110,0	150,0	200,0	20,0	8,27	6,52 - 10,49
6 bis 10 Jahre	194	6	97	1,8	7,5	34,3	45,0	130,0	150,0	16,2	7,96	6,71 - 9,44
11 bis 13 Jahre	122	2	98	1,3	6,3	25,4	36,5	86,5	98,0	10,9	6,12	5,00 - 7,48
14 bis 17 Jahre	181	1	99	1,7	4,9	21,0	30,0	41,0	66,0	8,34	5,30	4,61 - 6,09
Gemeindetyp												
BIK 1-4	170	0	100	1,6	6,1	25,9	34,0	53,2	140,0	10,0	6,05	5,19 - 7,05
BIK 5-6	38	0	100	1,7	6,9	33,1	40,3		51,0	11,9	6,71	4,62 - 9,77
BIK 7-10	407	9	98	1,3	6,4	30,0	64,1	130,0	200,0	15,2	7,07	6,28 - 7,95
Sozioökonomischer Status***												
niedrig	125	6	95	1,2	4,3	25,6	34,0	110,0	110,0	10,5	4,77	3,85 - 5,91
mittel	371	3	99	1,7	6,7	30,0	42,1	130,0	150,0	14,2	7,05	6,28 - 7,91
hoch	118	0	100	2,2	7,2	34,6	42,0	89,2	200,0	15,0	8,44	6,90 - 10,33
Wohnort**												
alte Länder	520	9	98	1,4	6,1	29,0	37,5	110,0	200,0	13,0	6,35	5,75 - 7,02
neue Länder	95	1	99	2,6	9,1	36,0	80,7	125,4	140,0	16,8	9,38	7,53 - 11,69
Migrationshintergrund												
ohne	459	8	98	1,6	6,3	27,0	39,6	130,0	200,0	13,3	6,68	6,03 - 7,41
einseitig	51	0	100	2,0	8,5	36,6	37,0	94,7	98,0	13,9	8,45	6,28 - 11,36
zweiseitig	103	1	99	1,1	6,9	37,0	57,3	110,0	110,0	14,5	6,31	4,89 - 8,16
Möbelstücke aus Vollholz im Raum***												
Ja	374	3	99	1,8	7,1	34,0	64,6	130,0	200,0	16,6	8,05	7,14 - 9,08
Nein	241	7	97	1,3	4,5	20,0	29,0	50,8	140,0	8,94	5,13	4,49 - 5,86
Verwendung von Duft- und Aromastoffen												
Ja	304	4	99	1,4	6,4	27,0	42,0	120,1	200,0	12,7	6,49	5,74 - 7,35
Nein	311	6	98	1,6	6,5	30,0	40,0	110,0	150,0	14,4	7,01	6,13 - 8,01
Baualter des Hauses***												
bis 1918	62	0	100	2,8	13,3	76,6	130,0	150,0	150,0	24,6	12,1	9,03 - 16,47
1919 bis 1949	32	0	100	3,0	6,7	18,0	27,0		52,0	9,04	7,23	5,71 - 9,16
1950 bis 1979	156	4	98	1,0	7,1	30,0	40,9	110,0	130,0	13,9	6,53	5,36 - 7,95
1980 bis 1994	88	5	94	1,2	5,7	21,5	29,7	33,0	57,0	8,58	5,25	4,18 - 6,61
1995 bis 1999	71	0	100	1,6	5,6	37,5	42,0	51,7	84,0	10,0	5,37	4,15 - 6,95
2000 bis 2013	166	0	100	1,4	6,1	34,0	60,0	147,7	150,0	13,8	6,62	5,57 - 7,87
ab 2014	21	0	100	3,5	10,6	56,1	169,0		200,0	19,9	10,9	6,61 - 18,24
Wandbelag im Raum: Holz, Holzverkleidung												
Ja	8	0	100	2,1	2,1				11,0	3,63	3,04	1,83 - 5,05
Nein	607	9	98	1,5	6,4	30,0	42,0	110,0	200,0	13,7	6,82	6,22 - 7,47
Fußbodenbelag aus Holzdielen im Raum												
Ja	73	0	100	2,8	6,3	30,0	51,1	150,0	150,0	15,6	8,04	6,29 - 10,28
Nein	538	9	98	1,4	6,4	29,0	42,0	110,0	200,0	13,3	6,59	5,96 - 7,27

α-Pinen	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Fußbodenbelag aus Holzparkett im Raum												
Ja	93	0	100	2,0	7,3	31,4	42,0	48,0	98,0	13,0	7,84	6,27 - 9,78
Nein	518	9	98	1,4	6,3	30,0	42,0	130,0	200,0	13,7	6,57	5,94 - 7,27

Tabelle C 34 β -Pinen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

β-Pinen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	176	53	70	0,7	1,8	6,7	10,8	12,8	21,0	2,65	1,76	1,55 - 2,00
Geschlecht												
Jungen	75	19	75	0,7	1,7	7,6	11,0	13,0	13,0	2,90	1,86	1,51 - 2,28
Mädchen	101	34	66	0,7	1,9	5,0	9,7	11,5	21,0	2,46	1,69	1,43 - 1,99
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	50	17	66	0,7	1,9	7,8	9,7	20,5	21,0	2,90	1,87	1,43 - 2,44
6 bis 10 Jahre	46	8	84	0,7	2,1	6,7	12,2		13,0	2,78	2,06	1,65 - 2,56
11 bis 13 Jahre	31	14	53	0,7	1,2	5,0	12,4		16,0	2,02	1,31	0,96 - 1,77
14 bis 17 Jahre	50	14	72	0,7	1,5	10,7	11,0	11,0	11,0	2,66	1,72	1,34 - 2,20
Gemeindetyp												
BIK 1-4	37	23	37	0,7	0,7	3,4	8,3		13,0	1,56	1,09	0,85 - 1,39
BIK 5-6	14	4	69	0,7	1,2	3,5			3,5	1,71	1,42	0,98 - 2,05
BIK 7-10	125	25	80	0,7	2,0	8,0	11,0	13,0	21,0	3,07	2,07	1,78 - 2,41
Sozioökonomischer Status												
niedrig	20	3	85	0,7	3,0	9,7	9,7		9,7	3,92	2,91	1,96 - 4,32
mittel	122	40	67	0,7	1,4	5,8	7,6	13,0	13,0	2,30	1,58	1,37 - 1,82
hoch	34	10	72	0,7	2,0	11,0	11,0		21,0	3,18	1,93	1,39 - 2,70
Wohnort												
alte Länder	154	45	71	0,7	1,9	7,0	11,0	13,0	21,0	2,78	1,84	1,60 - 2,11
neue Länder	22	8	64	0,7	1,3	2,8	10,9		12,0	1,75	1,31	0,97 - 1,76
Migrationshintergrund												
ohne	125	45	64	0,7	1,4	4,2	6,7	12,8	21,0	2,15	1,51	1,31 - 1,73
einseitig	18	4	77	0,7	2,0	8,4			16,0	3,32	2,13	1,34 - 3,39
zweiseitig	32	4	88	0,7	2,1	11,0	11,0		11,0	4,22	2,87	2,06 - 4,00
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	99	30	69	0,7	1,7	9,7	11,0	13,0	21,0	2,93	1,82	1,51 - 2,19
Nein	77	22	71	0,7	1,8	4,2	7,6	12,7	16,0	2,28	1,68	1,42 - 2,00
Verwendung von Duft- und Aromastoffen												
Ja	92	33	64	0,7	1,3	4,2	7,6	12,5	21,0	2,06	1,45	1,24 - 1,69
Nein	84	20	76	0,7	2,0	9,7	11,0	12,9	13,0	3,28	2,17	1,78 - 2,64
Baualter des Hauses												
bis 1918	13	3	81	0,7	1,9	13,0			13,0	4,19	2,57	1,38 - 4,79
1919 bis 1949	9	5	44	0,7	0,7	11,3			12,0	1,63	1,14	0,65 - 2,02
1950 bis 1979	50	7	86	0,7	2,1	7,6	9,7	12,8	13,0	2,77	1,99	1,60 - 2,47
1980 bis 1994	24	9	61	0,7	1,7	11,0	11,0		11,0	2,91	1,68	1,11 - 2,54
1995 bis 1999	12	4	63	0,7	1,8	5,0			7,8	2,10	1,58	0,97 - 2,60
2000 bis 2013	57	23	61	0,7	1,2	4,2	9,4	15,1	16,0	2,15	1,46	1,18 - 1,81
ab 2014	2	0	100	3,1	3,5				21,0	4,95	4,10	0,20 - 83,93
Fußbodenbelag aus Holzdielen im Raum												
Ja	17	9	46	0,7	0,7	12,9			13,0	2,49	1,26	0,74 - 2,13
Nein	156	44	72	0,7	1,8	5,6	8,2	10,7	21,0	2,46	1,74	1,53 - 1,97
Fußbodenbelag aus Holzparkett im Raum												
Ja	25	9	65	0,7	1,9	2,4	12,2		16,0	2,02	1,46	1,08 - 1,98
Nein	147	44	70	0,7	1,6	6,1	9,7	12,8	21,0	2,53	1,73	1,51 - 1,98

Tabelle C 35 δ -3-Caren in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

δ -3-Caren	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	355	60	83	0,5	2,3	16,0	26,3	91,3	150,0	7,77	2,78	2,41 - 3,18
Geschlecht												
Jungen	179	21	88	0,5	2,3	16,6	47,7	131,6	150,0	9,57	2,95	2,44 - 3,58
Mädchen	176	40	78	0,5	2,4	16,0	25,9	43,0	120,0	5,95	2,61	2,16 - 3,15
Lebensalter**												
3 bis 5 Jahre	78	12	84	0,5	3,4	27,6	63,1	110,0	120,0	11,5	3,52	2,51 - 4,95
6 bis 10 Jahre	103	18	82	0,5	4,4	17,0	83,1	150,0	150,0	11,5	3,65	2,76 - 4,81
11 bis 13 Jahre	70	10	86	0,5	2,2	9,0	21,6	27,0	27,0	4,01	2,26	1,77 - 2,88
14 bis 17 Jahre	104	20	81	0,5	2,2	8,7	17,0	24,5	53,0	3,77	2,03	1,66 - 2,49
Gemeindetyp												
BIK 1-4	106	20	81	0,5	2,2	8,4	17,1	36,9	82,0	4,41	2,20	1,77 - 2,74
BIK 5-6	24	6	77	0,5	3,0	23,0	26,6		27,0	6,79	2,91	1,61 - 5,26
BIK 7-10	225	35	84	0,5	2,4	17,0	43,0	110,0	150,0	9,46	3,08	2,59 - 3,67
Sozioökonomischer Status												
niedrig	56	5	91	0,6	2,3	16,0	43,0	43,0	43,0	7,20	3,45	2,49 - 4,76
mittel	234	42	82	0,5	2,3	17,0	27,0	110,0	150,0	8,47	2,60	2,20 - 3,09
hoch	63	13	80	0,5	2,7	15,2	20,9	26,8	120,0	5,77	2,86	2,10 - 3,90
Wohnort												
alte Länder	299	54	82	0,5	2,3	16,0	27,0	110,0	150,0	8,02	2,68	2,31 - 3,11
neue Länder	56	6	89	0,5	3,6	14,8	23,0	53,3	82,0	6,43	3,37	2,46 - 4,61
Migrationshintergrund												
ohne	257	42	84	0,5	2,3	14,0	25,5	110,0	150,0	8,00	2,59	2,21 - 3,03
einseitig	32	4	89	0,5	5,2	21,2	25,6		37,0	7,56	3,92	2,47 - 6,22
zweiseitig	65	15	77	0,5	2,5	16,0	43,0	43,0	43,0	7,03	3,06	2,20 - 4,25
Möbelstücke aus Vollholz im Raum***												
Ja	218	28	87	0,5	2,8	17,0	43,0	110,0	150,0	9,89	3,38	2,83 - 4,03
Nein	136	32	77	0,5	1,6	12,0	20,0	27,0	82,0	4,39	2,03	1,66 - 2,48
Verwendung von Duft- und Aromastoffen**												
Ja	169	36	79	0,5	2,2	17,0	23,4	101,9	120,0	6,39	2,29	1,89 - 2,78
Nein	186	25	87	0,5	2,8	16,0	43,0	109,9	150,0	9,03	3,30	2,74 - 3,98
Baualter des Hauses*												
bis 1918	37	3	93	0,9	5,3	105,	150,		150,0	20,3	4,87	2,90 - 8,15
1919 bis 1949	20	2	91	1,1	3,4	12,0	22,2		24,0	4,45	3,21	2,12 - 4,88
1950 bis 1979	86	15	83	0,5	3,7	17,4	30,1	43,0	43,0	6,42	2,88	2,19 - 3,79
1980 bis 1994	53	8	85	0,5	2,3	14,6	16,2	17,0	17,0	4,23	2,51	1,89 - 3,33
1995 bis 1999	33	7	78	0,5	1,0	25,4	28,2		53,0	4,77	1,69	1,08 - 2,63
2000 bis 2013	103	21	80	0,5	2,2	13,7	38,8	110,0	110,0	7,50	2,44	1,90 - 3,13
ab 2014	12	4	67	0,5	11,1	46,1			120,0	11,6	4,14	1,32 - 12,95
Fußbodenbelag aus Holzdielen im Raum												
Ja	44	9	79	0,5	2,4	12,6	82,8		84,0	6,99	2,69	1,83 - 3,94
Nein	307	51	83	0,5	2,3	16,9	26,9	110,0	150,0	7,95	2,79	2,41 - 3,23
Fußbodenbelag aus Holzparkett im Raum												
Ja	56	9	84	0,5	2,8	14,0	17,0	42,0	49,0	4,99	2,84	2,11 - 3,81
Nein	294	51	83	0,5	2,3	16,9	27,0	110,0	150,0	8,38	2,77	2,38 - 3,23

Tabelle C 36 Limonen in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Limonen	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	615	18	97	2,3	12,0	57,0	100,	180,0	1100,	31,6	11,0	9,90 - 12,31
Geschlecht												
Jungen	314	11	97	2,2	9,0	57,9	109,	227,2	1100,	37,6	10,4	8,89 - 12,22
Mädchen	301	8	98	2,3	12,9	57,0	99,7	147,7	300,0	25,3	11,7	10,09 - 13,61
Lebensalter**												
3 bis 5 Jahre	118	3	98	2,3	12,0	71,9	100,	270,0	270,0	28,7	12,3	9,61 - 15,87
6 bis 10 Jahre	194	0	100	3,2	12,2	56,0	89,0	100,0	140,0	23,0	12,9	11,02 - 15,14
11 bis 13 Jahre	122	7	95	1,3	9,9	39,0	67,4	110,0	300,0	17,9	8,58	6,77 - 10,87
14 bis 17 Jahre	181	9	95	1,6	9,4	78,0	180,	1100,	1100,	51,9	10,2	8,11 - 13,04
Gemeindetyp												
BIK 1-4	170	7	96	1,6	6,4	43,0	63,7	140,3	260,0	18,0	7,84	6,43 - 9,57
BIK 5-6	38	6	84	0,5	10,7	74,0	95,0		130,0	21,8	7,93	4,57 - 13,75
BIK 7-10	407	5	99	2,3	13,0	67,6	100,	262,0	1100,	38,2	13,1	11,52 - 14,97
Sozioökonomischer Status												
niedrig	125	11	91	1,2	6,0	49,0	100,	117,7	150,0	17,8	6,59	5,06 - 8,58
mittel	371	6	98	2,7	12,0	56,0	93,0	268,2	1100,	37,2	12,0	10,50 - 13,82
hoch	118	1	99	3,3	15,0	87,5	100,	180,0	300,0	28,5	14,2	11,37 - 17,78
Wohnort												
alte Länder	520	17	97	2,1	11,0	64,8	100,	187,3	1100,	33,5	10,7	9,53 - 12,18
neue Länder	95	1	99	3,1	12,0	45,2	73,6	139,8	300,0	21,5	12,5	10,08 - 15,70
Migrationshintergrund												
ohne	459	11	98	2,0	9,7	43,0	66,1	92,9	300,0	18,3	9,36	8,37 - 10,46
einseitig	51	0	99	2,8	12,0	70,4	115,	149,0	150,0	27,2	13,1	9,14 - 18,91
zweiseitig	103	6	94	2,3	28,0	180,	531,	1100,	1100,	93,2	21,1	14,80 - 30,22
Möbelstücke aus Vollholz im Raum***												
Ja	374	10	97	2,3	10,0	50,0	100,	138,4	300,0	22,9	10,6	9,30 - 12,09
Nein	241	8	97	1,6	12,0	64,2	106,	837,9	1100,	45,1	11,7	9,70 - 14,18
Verwendung von Duft- und Aromastoffen**												
Ja	304	5	98	2,8	12,0	57,9	100,	270,0	1100,	40,6	12,8	11,02 - 14,89
Nein	311	13	96	1,6	9,7	57,3	93,0	171,1	260,0	22,8	9,54	8,16 - 11,16
Baualter des Hauses*												
bis 1918	62	0	100	2,5	7,5	33,3	45,4	99,9	140,0	15,1	8,55	6,50 - 11,26
1919 bis 1949	32	1	98	1,0	8,1	62,9	102,		200,0	20,6	8,66	5,16 - 14,55
1950 bis 1979	156	4	98	3,0	18,0	57,5	123,	265,8	270,0	31,1	15,1	12,44 - 18,50
1980 bis 1994	88	0	100	2,0	13,6	142,	110	1100,	1100,	82,5	14,3	10,14 - 20,38
1995 bis 1999	71	7	90	0,5	7,0	50,0	100,	100,0	130,0	20,9	8,17	5,63 - 11,84
2000 bis 2013	166	1	100	2,3	9,7	46,2	89,0	136,6	260,0	20,2	9,84	8,23 - 11,77
ab 2014	21	0	100	1,6	8,3	63,2	123,		180,0	18,6	8,60	4,61 - 16,05
Wandbelag im Raum: Holz,												
Ja	8	0	100	6,8	8,9				21,0	8,68	8,48	7,08 - 10,14
Nein	607	18	97	2,3	12,0	57,9	100,	180,0	1100,	31,9	11,0	9,91 - 12,36
Fußbodenbelag aus Holzdielen im Raum												
Ja	73	1	99	2,4	7,7	45,9	55,9	85,5	200,0	16,4	8,67	6,59 - 11,40
Nein	538	18	97	2,3	12,0	58,0	100,	179,0	1100,	32,6	11,1	9,93 - 12,56

Limonen	N	n < BG	% ≥ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Fußbodenbelag aus Holzparkett im Raum												
Ja	93	0	100	2,9	12,0	71,5	100,	109,3	130,0	24,3	12,5	9,79 - 16,15
Nein	518	18	96	2,0	11,0	50,0	92,0	214,2	1100,	31,8	10,5	9,36 - 11,89

C.12 Aldehyde

Für folgende Substanzen werden keine Kennwerttabellen dargestellt, da weniger als 50 % der Messwerte unter der stoffspezifischen Bestimmungsgrenze [BG in $\mu\text{g}/\text{m}^3$] lagen:

Tabelle C 37 Aldehyde für die keine Kennwerttabellen dargestellt werden

Substanz	BG	N	n < BG	% \geq BG
Heptanal	0,5	639	323	50
Undecanal	0,6	639	594	7
Furfural	0,2	639	474	26
Isovaleraldehyd	0,4	639	467	27

Tabelle C 38 Formaldehyd in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Formaldehyd	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	24	96	12,	24,9	47,4	55,1	65,2	113,3	27,8	22,1	20,70 - 23,79
Geschlecht												
Jungen	331	9	97	12,	25,0	48,0	55,5	65,1	113,3	28,5	23,2	21,27 - 25,43
Mädchen	308	15	95	12,	25,1	43,7	56,0	67,5	103,6	27,1	21,1	18,94 - 23,52
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	3	97	13,	28,5	47,8	53,9	65,2	76,2	28,4	23,7	20,58 - 27,37
6 bis 10 Jahre	204	6	97	12,	26,4	48,0	55,4	82,5	99,1	29,2	23,7	21,11 - 26,69
11 bis 13 Jahre	128	6	95	10,	21,3	48,8	55,6	61,4	113,3	25,4	19,3	16,23 - 22,98
14 bis 17 Jahre	184	7	96	12,	24,9	43,7	56,7	67,9	103,6	27,6	21,6	18,95 - 24,83
Gemeindetyp***												
BIK 1-4	178	0	100	13,	25,2	45,2	61,2	66,5	91,7	28,2	24,9	23,08 - 27,02
BIK 5-6	41	6	85	0,5	23,1	37,4	41,8		87,3	22,0	13,2	8,26 - 21,08
BIK 7-10	420	17	96	12,	24,9	48,0	55,0	67,3	113,3	28,2	22,1	20,30 - 24,26
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	5	96	14,	29,4	47,8	49,4	55,6	76,2	29,2	23,5	19,92 - 27,74
mittel	387	14	96	12,	24,6	47,3	60,1	68,6	113,3	28,2	22,4	20,53 - 24,53
hoch	124	4	96	12,	23,3	45,8	53,4	63,0	99,1	25,4	20,5	17,58 - 23,91
Wohnort												
alte Länder	537	23	96	12,	24,9	46,8	54,0	63,5	99,1	27,4	21,5	19,94 - 23,38
neue Länder	102	0	100	14,	25,3	51,6	64,8	95,7	113,3	30,1	25,6	22,69 - 28,93
Migrationshintergrund												
ohne	479	15	97	12,	25,3	47,8	55,6	66,5	113,3	28,4	23,0	21,37 - 24,90
einseitig	56	2	97	6,2	18,9	44,3	49,6	66,9	68,9	22,1	17,5	13,93 - 21,99
zweiseitig	102	7	93	13,	26,6	47,4	57,9	66,3	67,9	28,3	21,2	17,11 - 26,29
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	24	96	12,	24,9	47,7	55,5	65,2	113,3	27,9	22,1	20,65 - 23,81
Raucher	15	0	100	16,	25,3	37,4			44,9	24,4	23,2	19,29 - 27,92
Anzahl Raucher im Haushalt**												
Kein Raucher	404	9	98	12,	24,9	47,1	56,5	67,7	103,6	28,2	23,4	21,80 - 25,3
Ein Raucher	156	14	91	5,4	25,3	48,1	56,1	63,7	113,3	27,1	18,2	14,92 - 22,26
Mehr als ein	79	1	99	14,	25,2	47,4	50,2	55,6	76,2	27,3	24,4	21,65 - 27,69
Möbelstücke aus Vollholz im Raum***												
Ja	395	21	95	10,	24,1	42,8	52,4	58,9	99,1	25,6	19,5	17,70 - 21,60
Nein	244	3	99	15,	28,3	49,5	62,9	83,6	103,6	31,3	27,1	25,12 - 29,41
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	1	97	6,2	19,6	34,6	48,8		57,4	20,0	16,2	12,67 - 20,93
Einige	264	7	97	12,	24,6	43,9	54,0	61,8	99,1	27,3	22,6	20,53 - 24,92
Eher viele	331	15	95	13,	26,5	47,8	58,5	68,5	103,6	29,1	22,7	20,46 - 25,23
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	1	93	15,	30,4	65,2			67,9	32,8	23,9	13,16 - 43,68
Nein	618	23	96	12,	24,9	47,3	54,2	64,6	103,6	27,6	22,0	20,58 - 23,69
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus												
Ja	45	1	97	13,	25,2	56,6	61,6		67,9	29,4	23,8	18,43 - 30,81
Nein	595	23	96	12,	25,0	47,4	53,9	65,1	113,3	27,7	22,0	20,53 - 23,73

Tabelle C 39 Acetaldehyd in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Acetaldehyd	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	27	96	2,2	5,5	13,4	16,8	22,9	49,9	6,82	5,05	4,72 - 5,39
Geschlecht												
Jungen	331	11	97	2,2	5,6	13,0	16,9	22,9	46,4	6,75	5,09	4,66 - 5,55
Mädchen	308	16	95	1,6	5,5	13,7	16,7	20,6	49,9	6,89	5,00	4,52 - 5,54
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	3	97	2,4	6,3	15,1	20,4	20,4	22,1	7,60	5,83	5,05 - 6,74
6 bis 10 Jahre	204	10	95	2,0	5,7	12,4	18,7	24,2	46,4	7,13	5,20	4,6 - 5,88
11 bis 13 Jahre	128	8	94	1,9	4,7	13,9	17,0	19,4	23,5	5,99	4,38	3,76 - 5,11
14 bis 17 Jahre	184	5	97	2,2	5,8	13,0	15,8	17,1	49,9	6,51	4,89	4,34 - 5,50
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	6	97	2,2	4,4	12,8	16,5	24,2	29,4	5,93	4,44	3,95 - 4,99
BIK 5-6	41	6	85	0,4	5,5	13,0	14,1		16,5	5,76	3,54	2,43 - 5,16
BIK 7-10	420	15	96	2,2	6,0	13,7	17,0	22,9	49,9	7,29	5,51	5,09 - 5,96
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	7	94	1,8	4,6	16,0	17,4	20,4	20,4	6,37	4,61	3,94 - 5,39
mittel	387	18	95	2,2	5,7	13,7	17,0	23,0	46,4	7,06	5,19	4,76 - 5,67
hoch	124	2	98	2,3	5,4	11,1	14,7	24,9	49,9	6,52	5,07	4,44 - 5,79
Wohnort												
alte Länder	537	25	95	2,0	5,4	13,7	16,9	22,9	49,9	6,79	4,93	4,57 - 5,31
neue Länder	102	2	98	2,5	5,8	12,6	14,5	19,3	29,4	6,96	5,72	4,99 - 6,55
Migrationshintergrund												
ohne	479	21	96	2,2	5,5	12,9	16,0	22,9	49,9	6,72	5,03	4,67 - 5,42
einseitig	56	0	99	2,2	5,5	14,6	15,3	21,8	23,0	7,08	5,49	4,48 - 6,74
zweiseitig	102	5	95	0,9	5,9	17,7	20,4	24,2	27,2	7,14	4,86	3,40 - 5,90
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	27	96	2,1	5,6	13,4	16,9	22,9	49,9	6,87	5,08	4,75 - 5,44
Raucher	15	0	100	2,3	2,9	13,3			15,2	4,69	3,76	2,65 - 5,33
Anzahl Raucher im Haushalt												
Kein Raucher	404	6	98	2,2	5,2	13,7	18,0	22,9	49,9	6,85	5,14	4,76 - 5,54
Ein Raucher	156	17	89	0,4	6,2	13,3	15,6	18,1	44,6	7,08	5,07	4,32 - 5,96
Mehr als ein	79	4	95	2,1	5,2	12,1	16,9	23,9	29,4	6,12	4,56	3,77 - 5,53
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	23	94	1,8	5,2	13,0	16,9	23,0	49,9	6,60	4,66	4,26 - 5,11
Nein	244	4	98	2,5	6,1	14,1	16,8	20,4	27,2	7,17	5,73	5,24 - 6,27
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	1	98	1,9	4,7	22,9	30,4		49,9	8,61	5,22	3,81 - 7,15
Einige	264	11	96	2,3	5,6	11,3	14,3	23,9	46,4	6,46	5,02	4,57 - 5,52
Eher viele	331	16	95	1,8	5,5	15,0	16,9	20,4	29,4	6,86	5,04	4,54 - 5,55
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	0	100	3,0	7,5	23,7			27,2	9,59	7,76	5,54 - 10,89
Nein	618	27	96	2,1	5,4	13,1	16,6	22,2	49,9	6,74	4,98	4,65 - 5,33
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus												
Ja	45	1	99	2,8	6,8	15,3	24,7		44,6	8,22	6,39	5,09 - 8,01
Nein	595	26	96	2,1	5,5	13,0	16,8	22,2	49,9	6,71	4,96	4,63 - 5,31

Tabelle C 40 Propanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Propanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	81	87	0,2	1,5	3,7	4,6	5,5	23,0	1,77	1,25	1,17 - 1,35
Geschlecht												
Jungen	331	42	87	0,2	1,5	3,7	4,5	5,4	7,7	1,75	1,26	1,14 - 1,39
Mädchen	308	39	87	0,2	1,5	3,7	5,0	6,7	23,0	1,80	1,24	1,12 - 1,38
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	20	84	0,2	1,6	4,0	4,5	5,7	8,1	1,86	1,27	1,06 - 1,52
6 bis 10 Jahre	204	17	92	0,3	1,6	3,1	4,7	5,2	8,3	1,77	1,33	1,18 - 1,49
11 bis 13 Jahre	128	19	85	0,2	1,3	4,4	4,9	7,9	23,0	1,80	1,20	1,01 - 1,42
14 bis 17 Jahre	184	26	86	0,2	1,5	3,2	4,8	5,0	11,4	1,70	1,20	1,05 - 1,37
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	15	92	0,4	1,3	4,4	5,0	8,3	9,7	1,81	1,28	1,13 - 1,46
BIK 5-6	41	8	80	0,2	1,5	3,7	4,2		23,0	1,57	1,05	0,76 - 1,44
BIK 7-10	420	58	86	0,2	1,6	3,5	4,6	5,5	11,4	1,78	1,26	1,15 - 1,38
Sozioökonomischer Status*												
niedrig	126	15	88	0,2	1,7	4,5	5,0	7,2	11,4	2,17	1,52	1,28 - 1,79
mittel	387	53	86	0,2	1,5	3,5	4,5	5,5	8,4	1,69	1,20	1,09 - 1,31
hoch	124	13	89	0,2	1,5	3,1	4,3	6,7	23,0	1,64	1,20	1,03 - 1,40
Wohnort												
alte Länder	537	69	87	0,2	1,5	3,7	4,7	5,5	11,4	1,78	1,26	1,16 - 1,36
neue Länder	102	12	88	0,2	1,4	4,1	5,0	5,9	23,0	1,76	1,24	1,04 - 1,48
Migrationshintergrund												
ohne	479	60	87	0,2	1,4	3,7	4,6	5,4	23,0	1,70	1,21	1,12 - 1,31
einseitig	56	9	84	0,2	1,5	4,8	5,5	7,9	8,3	1,93	1,28	0,97 - 1,68
zweiseitig	102	12	89	0,2	1,7	3,5	4,5	8,4	11,4	2,02	1,46	1,22 - 1,75
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	81	87	0,2	1,5	3,7	4,7	5,5	23,0	1,78	1,26	1,17 - 1,35
Raucher	15	0	100	0,9	1,1	3,7			4,4	1,36	1,16	0,87 - 1,56
Anzahl Raucher im Haushalt												
Kein Raucher	404	49	88	0,2	1,5	3,8	4,7	5,5	23,0	1,75	1,24	1,13 - 1,35
Ein Raucher	156	26	84	0,2	1,7	3,6	4,5	8,3	11,4	1,95	1,33	1,14 - 1,56
Mehr als ein	79	7	91	0,4	1,3	2,7	4,4	5,4	5,4	1,55	1,20	1,01 - 1,43
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	48	88	0,2	1,5	3,4	4,7	5,9	23,0	1,74	1,23	1,13 - 1,35
Nein	244	33	86	0,2	1,6	4,1	4,8	5,5	8,4	1,83	1,28	1,14 - 1,45
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	7	83	0,2	1,1	4,7	6,3		11,4	1,82	1,08	0,78 - 1,50
Einige	264	25	91	0,3	1,5	3,6	4,5	5,0	23,0	1,81	1,36	1,22 - 1,50
Eher viele	331	49	85	0,2	1,5	3,6	5,0	5,8	8,4	1,73	1,20	1,08 - 1,33
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum*												
Ja	17	1	93	1,0	2,0	8,4			8,4	2,78	2,03	1,30 - 3,16
Nein	618	80	87	0,2	1,5	3,6	4,5	5,4	23,0	1,74	1,23	1,15 - 1,32
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus*												
Ja	45	3	94	0,5	1,8	4,6	8,2		8,4	2,21	1,63	1,27 - 2,10
Nein	595	78	87	0,2	1,5	3,6	4,5	5,4	23,0	1,74	1,23	1,14 - 1,32

Tabelle C 41 Butanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Butanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	128	80	0,2	1,3	3,6	4,9	11,0	29,1	1,89	1,06	0,98 - 1,16
Geschlecht												
Jungen	331	69	79	0,2	1,4	3,6	4,2	5,2	14,7	1,69	1,03	0,92 - 1,16
Mädchen	308	59	81	0,2	1,3	3,8	9,4	13,6	29,1	2,11	1,10	0,97 - 1,25
Lebensalter*												
3 bis 5 Jahre	123	22	82	0,2	1,6	4,0	8,5	12,5	28,9	2,30	1,29	1,05 - 1,59
6 bis 10 Jahre	204	35	83	0,2	1,4	3,5	4,0	9,0	17,2	1,81	1,14	0,99 - 1,32
11 bis 13 Jahre	128	25	80	0,2	1,1	3,9	7,5	12,6	16,2	1,84	0,98	0,81 - 1,20
14 bis 17 Jahre	184	45	76	0,2	1,2	3,6	4,6	13,6	29,1	1,74	0,91	0,77 - 1,07
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	31	82	0,2	1,3	4,4	9,9	15,4	29,1	2,17	1,11	0,93 - 1,31
BIK 5-6	41	5	87	0,2	1,3	3,1	3,9		6,3	1,49	1,06	0,79 - 1,43
BIK 7-10	420	91	78	0,2	1,4	3,6	4,6	10,0	28,9	1,81	1,05	0,94 - 1,17
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	28	77	0,2	1,3	3,5	3,9	5,2	21,9	1,70	1,01	0,83 - 1,24
mittel	387	79	80	0,2	1,3	3,9	7,6	13,3	29,1	2,01	1,07	0,96 - 1,21
hoch	124	21	83	0,2	1,4	3,1	5,0	12,3	21,0	1,74	1,09	0,92 - 1,31
Wohnort												
alte Länder	537	110	80	0,2	1,3	3,6	5,1	11,0	28,9	1,88	1,05	0,96 - 1,16
neue Länder	102	18	82	0,2	1,4	3,8	4,6	14,2	29,1	1,97	1,13	0,91 - 1,40
Migrationshintergrund												
ohne	479	99	79	0,2	1,3	3,7	5,2	11,7	29,1	1,92	1,05	0,94 - 1,16
einseitig	56	16	72	0,2	1,3	5,1	6,2	26,4	28,9	2,22	1,03	0,73 - 1,45
zweiseitig	102	13	88	0,2	1,4	3,2	3,5	4,4	4,7	1,60	1,19	1,00 - 1,41
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	127	80	0,2	1,3	3,6	5,0	11,0	29,1	1,90	1,06	0,97 - 1,16
Raucher	15	0	100	0,8	1,6	3,1			3,9	1,47	1,29	0,96 - 1,72
Anzahl Raucher im Haushalt												
Kein Raucher	404	90	78	0,2	1,3	3,1	4,8	10,8	28,9	1,75	0,98	0,88 - 1,09
Ein Raucher	156	30	81	0,2	1,4	3,9	9,0	13,4	29,1	2,27	1,21	1,00 - 1,46
Mehr als ein	79	8	90	0,2	1,6	3,7	5,2	9,4	13,8	1,86	1,27	1,03 - 1,57
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	79	80	0,2	1,4	3,8	5,8	11,0	29,1	1,99	1,09	0,98 - 1,22
Nein	244	49	80	0,2	1,3	3,6	4,3	9,8	21,9	1,73	1,02	0,89 - 1,17
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	19	57	0,2	0,8	3,7	5,9		8,9	1,29	0,63	0,43 - 0,92
Einige	264	37	86	0,2	1,6	3,6	4,9	10,8	29,1	2,14	1,29	1,14 - 1,47
Eher viele	331	72	78	0,2	1,2	3,6	5,1	11,8	21,9	1,77	0,97	0,86 - 1,10
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	2	87	0,2	1,4	4,4			4,7	1,74	1,28	0,80 - 2,05
Nein	618	126	80	0,2	1,3	3,6	5,1	11,0	29,1	1,90	1,06	0,97 - 1,15
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus												
Ja	45	5	90	0,2	1,4	4,2	4,7		5,9	1,79	1,34	1,03 - 1,74
Nein	595	123	79	0,2	1,3	3,6	5,1	11,0	29,1	1,90	1,05	0,95 - 1,15

Tabelle C 42 Pentanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pentanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	78	88	0,1	2,7	7,1	9,2	11,8	23,1	3,50	1,94	1,75 - 2,16
Geschlecht												
Jungen	331	39	88	0,1	2,4	7,0	8,8	11,9	19,8	3,34	1,87	1,62 - 2,16
Mädchen	308	39	87	0,1	3,0	7,1	9,7	11,8	23,1	3,67	2,02	1,73 - 2,37
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	15	88	0,1	3,0	9,3	11,8	19,8	19,8	4,28	2,21	1,71 - 2,87
6 bis 10 Jahre	204	18	91	0,6	2,7	7,0	8,1	9,8	19,1	3,38	2,15	1,82 - 2,54
11 bis 13 Jahre	128	22	83	0,1	2,1	6,4	8,9	15,8	17,2	3,11	1,49	1,15 - 1,95
14 bis 17 Jahre	184	24	87	0,1	2,8	6,9	9,1	10,4	23,1	3,39	1,91	1,57 - 2,33
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	20	89	0,1	2,7	7,0	7,1	11,3	17,2	3,24	1,85	1,52 - 2,25
BIK 5-6	41	11	74	0,1	3,4	5,7	6,9		15,7	2,99	1,34	0,78 - 2,31
BIK 7-10	420	48	89	0,1	2,7	7,4	9,8	11,9	23,1	3,66	2,05	1,81 - 2,34
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	29	77	0,1	3,2	9,1	10,0	11,8	11,8	3,90	1,65	1,22 - 2,24
mittel	387	41	89	0,1	2,7	6,9	9,1	16,0	23,1	3,53	2,02	1,77 - 2,31
hoch	124	9	93	0,6	2,7	5,3	8,6	11,0	19,1	3,04	2,04	1,67 - 2,48
Wohnort												
alte Länder	537	65	88	0,1	2,7	7,1	9,1	11,8	21,8	3,49	1,94	1,73 - 2,18
neue Länder	102	13	87	0,1	2,7	7,1	9,8	18,7	23,1	3,58	1,94	1,48 - 2,55
Migrationshintergrund												
ohne	479	60	87	0,1	2,7	6,9	7,4	10,4	23,1	3,33	1,88	1,66 - 2,12
einseitig	56	6	90	0,2	2,8	10,3	19,4	19,8	19,8	4,07	2,04	1,40 - 2,96
zweiseitig	102	13	88	0,1	2,7	9,8	11,8	15,1	17,2	4,00	2,21	1,68 - 2,90
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	78	87	0,1	2,7	7,1	9,2	11,8	23,1	3,52	1,93	1,73 - 2,15
Raucher	15	0	100	1,7	2,3	4,1			4,1	2,77	2,53	1,97 - 3,25
Anzahl Raucher im Haushalt												
Kein Raucher	404	41	90	0,1	2,7	7,2	9,7	11,8	23,1	3,44	1,98	1,74 - 2,24
Ein Raucher	156	29	81	0,1	2,9	7,4	9,8	17,2	19,1	3,78	1,80	1,4 - 2,32
Mehr als ein	79	8	90	0,1	2,7	6,8	7,2	7,7	8,2	3,27	2,07	1,56 - 2,74
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	47	88	0,1	2,7	7,0	8,4	10,0	21,8	3,26	1,86	1,63 - 2,13
Nein	244	31	87	0,1	2,7	7,9	11,8	18,7	23,1	3,89	2,08	1,74 - 2,49
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	4	90	0,2	2,3	7,1	9,2		19,1	3,05	1,60	1,06 - 2,41
Einige	264	28	89	0,1	2,8	7,0	9,1	10,2	21,8	3,49	2,09	1,78 - 2,44
Eher viele	331	46	86	0,1	2,7	7,1	10,0	17,1	23,1	3,57	1,88	1,61 - 2,20
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	2	89	0,1	2,9	15,5			17,2	4,26	2,44	1,22 - 4,88
Nein	618	76	88	0,1	2,7	7,1	9,2	11,8	23,1	3,50	1,94	1,74 - 2,16
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus												
Ja	45	5	88	0,1	2,9	9,7	16,2		19,1	3,97	2,19	1,44 - 3,33
Nein	595	73	88	0,1	2,7	7,1	9,1	11,8	23,1	3,47	1,92	1,72 - 2,15

Tabelle C 43 Hexanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hexanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	27	96	3,1	10,9	25,6	33,3	60,6	117,3	13,4	9,28	8,59 - 10,03
Geschlecht												
Jungen	331	12	96	3,2	10,6	24,7	32,8	49,1	66,2	12,9	9,25	8,35 - 10,25
Mädchen	308	15	95	3,1	11,0	28,5	34,7	60,6	117,3	13,9	9,32	8,23 - 10,47
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	5	96	3,6	12,0	41,0	60,6	63,5	66,2	18,2	11,7	9,63 - 14,23
6 bis 10 Jahre	204	4	98	3,3	10,8	22,2	28,6	39,6	117,3	12,3	9,21	8,17 - 10,40
11 bis 13 Jahre	128	8	94	2,9	9,1	24,6	33,2	59,3	73,9	11,9	7,93	6,61 - 9,53
14 bis 17 Jahre	184	9	95	2,8	11,7	20,7	30,3	43,3	99,1	12,4	8,93	7,75 - 10,28
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	2	99	4,4	10,4	23,5	39,4	56,8	65,7	12,9	9,69	8,61 - 10,90
BIK 5-6	41	6	85	0,4	9,8	24,6	25,1		73,9	11,4	6,44	4,13 - 10,06
BIK 7-10	420	19	96	3,1	11,1	28,2	33,7	60,6	117,3	13,8	9,44	8,57 - 10,41
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	7	95	2,0	11,3	32,9	52,3	60,6	60,6	15,1	9,61	7,90 - 11,70
mittel	387	18	95	3,1	11,1	25,3	32,7	58,1	99,1	13,2	9,09	8,21 - 10,06
hoch	124	2	98	4,7	10,6	21,7	33,2	48,9	117,3	12,5	9,64	8,38 - 11,08
Wohnort												
alte Länder	537	25	95	3,3	11,1	24,7	33,2	60,6	117,3	13,1	9,26	8,52 - 10,06
neue Länder	102	2	98	1,9	9,5	32,8	46,6	69,4	99,1	14,8	9,42	7,69 - 11,54
Migrationshintergrund												
ohne	479	18	96	3,1	10,6	24,7	31,4	40,7	117,3	12,5	8,87	8,14 - 9,67
einseitig	56	3	95	2,7	11,0	33,3	61,7	63,1	63,1	15,5	9,79	7,30 - 13,13
zweiseitig	102	5	95	4,6	11,7	34,7	60,6	61,5	62,1	16,5	11,1	9,04 - 13,72
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	27	96	3,1	10,9	25,9	33,7	60,6	117,3	13,5	9,29	8,58 - 10,05
Raucher	15	0	100	4,4	9,5	16,8			16,8	10,6	9,28	6,72 - 12,81
Anzahl Raucher im Haushalt												
Kein Raucher	404	7	98	4,5	10,8	24,7	33,4	60,6	99,1	13,5	9,91	9,12 - 10,78
Ein Raucher	156	18	88	0,4	11,3	26,6	34,7	62,1	117,3	13,6	7,77	6,31 - 9,57
Mehr als ein	79	1	98	2,3	11,1	21,1	31,3	39,6	39,6	12,5	9,42	7,76 - 11,43
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	21	95	2,8	10,4	25,4	32,4	39,6	117,3	12,4	8,72	7,89 - 9,64
Nein	244	6	98	3,5	11,6	25,9	60,6	63,1	99,1	15,0	10,2	9,1 - 11,60
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	1	97	3,9	9,4	23,5	37,0		117,3	12,3	8,74	6,70 - 11,41
Einige	264	6	98	3,6	10,9	23,1	31,4	34,8	73,9	12,3	9,35	8,41 - 10,39
Eher viele	331	19	94	2,7	11,1	28,6	44,3	62,1	99,1	14,4	9,31	8,27 - 10,48
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	0	100	1,2	14,5	55,7			62,1	16,1	10,3	5,83 - 18,21
Nein	618	27	96	3,1	10,9	25,8	33,2	58,2	117,3	13,4	9,26	8,56 - 10,02
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus												
Ja	45	1	98	4,4	12,1	28,7	58,5		117,3	15,2	10,3	7,65 - 13,97
Nein	595	26	96	3,1	10,9	25,3	33,3	58,2	99,1	13,3	9,21	8,5 - 9,98

Tabelle C 44 Octanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Octanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	237	63	0,3	1,0	3,4	4,2	5,0	9,5	1,44	0,88	0,82 - 0,96
Geschlecht												
Jungen	331	130	61	0,3	0,9	3,7	4,4	5,0	7,3	1,50	0,88	0,78 - 0,99
Mädchen	308	107	65	0,3	1,1	3,0	4,0	4,6	9,5	1,37	0,89	0,80 - 0,99
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	45	64	0,3	1,1	3,5	4,4	5,6	7,4	1,47	0,90	0,75 - 1,08
6 bis 10 Jahre	204	71	65	0,3	1,2	3,4	4,1	4,9	9,5	1,47	0,94	0,82 - 1,08
11 bis 13 Jahre	128	50	61	0,3	1,0	3,4	4,3	5,9	7,3	1,40	0,84	0,70 - 1,01
14 bis 17 Jahre	184	72	61	0,3	0,8	3,3	4,3	5,0	9,2	1,41	0,85	0,73 - 0,99
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	67	62	0,3	1,0	3,9	4,5	5,0	9,2	1,51	0,89	0,77 - 1,05
BIK 5-6	41	13	69	0,3	1,5	2,7	3,0		5,3	1,32	0,94	0,70 - 1,26
BIK 7-10	420	158	62	0,3	1,0	3,3	4,1	5,0	9,5	1,42	0,87	0,79 - 0,97
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	48	62	0,3	1,6	3,9	4,6	4,9	9,2	1,81	1,06	0,86 - 1,29
mittel	387	135	65	0,3	1,1	3,1	4,2	5,1	9,5	1,42	0,90	0,81 - 0,99
hoch	124	55	56	0,3	0,7	2,9	3,6	5,7	8,7	1,13	0,70	0,59 - 0,83
Wohnort												
alte Länder	537	205	62	0,3	1,0	3,3	3,9	4,9	8,7	1,41	0,87	0,80 - 0,95
neue Länder	102	33	68	0,3	1,1	4,3	5,3	7,3	9,5	1,60	0,95	0,78 - 1,17
Migrationshintergrund												
ohne	479	171	64	0,3	1,0	3,5	4,3	5,2	9,5	1,48	0,91	0,83 - 1,00
einseitig	56	21	64	0,3	0,9	3,1	4,4	6,2	6,6	1,29	0,82	0,63 - 1,06
zweiseitig	102	45	56	0,3	1,1	3,1	4,0	4,6	4,6	1,35	0,82	0,67 - 1,01
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	232	63	0,3	1,0	3,5	4,2	5,0	9,5	1,46	0,89	0,82 - 0,97
Raucher	15	5	66	0,3	0,6	1,8			3,0	0,72	0,57	0,39 - 0,83
Anzahl Raucher im Haushalt												
Kein Raucher	404	160	60	0,3	0,9	3,2	3,9	4,6	9,2	1,33	0,82	0,75 - 0,91
Ein Raucher	156	54	65	0,3	1,3	4,2	5,0	5,3	9,5	1,68	1,01	0,85 - 1,20
Mehr als ein	79	23	70	0,3	1,4	3,8	4,2	4,8	5,2	1,52	0,98	0,78 - 1,23
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	148	62	0,3	0,9	3,5	4,4	5,2	9,5	1,41	0,86	0,77 - 0,95
Nein	244	89	63	0,3	1,3	3,4	4,1	5,0	9,2	1,48	0,92	0,81 - 1,05
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum*												
Keine	43	19	57	0,3	0,8	3,7	5,2		8,7	1,37	0,79	0,57 - 1,09
Einige	264	88	67	0,3	1,3	3,9	4,9	5,0	9,5	1,60	1,00	0,88 - 1,13
Eher viele	331	131	61	0,3	0,9	3,3	3,8	4,3	9,2	1,32	0,81	0,73 - 0,91
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	4	78	0,3	2,0	3,7			4,1	1,94	1,41	0,85 - 2,31
Nein	618	230	63	0,3	1,0	3,5	4,3	5,0	9,5	1,43	0,88	0,81 - 0,95
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus*												
Ja	45	10	78	0,3	1,5	4,1	4,6		8,7	1,86	1,26	0,94 - 1,70
Nein	595	228	62	0,3	1,0	3,4	4,2	5,0	9,5	1,41	0,86	0,79 - 0,94

Tabelle C 45 Nonanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nonanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	124	81	0,3	6,1	18,3	21,4	32,0	45,1	7,70	3,97	3,56 - 4,42
Geschlecht												
Jungen	331	63	81	0,3	6,0	19,8	26,2	33,4	45,1	8,21	4,06	3,48 - 4,74
Mädchen	308	61	80	0,3	6,3	16,6	18,6	23,2	43,4	7,15	3,87	3,32 - 4,51
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	15	88	0,3	7,1	18,3	24,7	29,3	43,4	8,94	5,47	4,38 - 6,82
6 bis 10 Jahre	204	37	82	0,3	6,4	20,5	24,6	32,0	34,6	8,01	4,16	3,43 - 5,04
11 bis 13 Jahre	128	29	77	0,3	4,2	18,3	18,7	21,9	45,1	7,18	3,42	2,64 - 4,42
14 bis 17 Jahre	184	43	77	0,3	5,1	15,0	21,4	33,4	41,6	6,88	3,37	2,74 - 4,15
Gemeindetyp*												
BIK 1-4	178	26	86	0,3	7,2	19,8	24,6	32,0	43,4	9,03	5,10	4,19 - 6,2
BIK 5-6	41	9	78	0,3	8,6	18,9	20,8		31,5	8,41	4,53	2,83 - 7,25
BIK 7-10	420	90	79	0,3	5,6	17,5	21,2	33,4	45,1	7,06	3,52	3,08 - 4,03
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	31	75	0,3	5,8	21,6	26,5	32,0	43,4	9,01	3,91	2,96 - 5,18
mittel	387	75	81	0,3	6,3	17,7	20,2	33,4	39,3	7,73	4,04	3,51 - 4,64
hoch	124	18	86	0,3	5,2	12,2	16,6	23,5	45,1	6,30	3,81	3,08 - 4,72
Wohnort**												
alte Länder	537	116	78	0,3	6,1	17,7	20,8	28,1	45,1	7,44	3,73	3,30 - 4,21
neue Länder	102	8	92	1,4	6,9	19,8	32,9	37,9	43,4	9,08	5,50	4,38 - 6,91
Migrationshintergrund												
ohne	479	90	81	0,3	5,7	18,8	23,5	33,4	43,4	8,04	4,06	3,58 - 4,61
einseitig	56	12	79	0,3	6,5	15,7	16,8	40,1	45,1	7,31	3,80	2,60 - 5,55
zweiseitig	102	22	79	0,3	6,9	12,8	14,5	20,2	26,2	6,35	3,63	2,78 - 4,73
Rauchstatus*												
Nichtraucher	624	124	80	0,3	5,9	18,3	21,5	32,0	45,1	7,66	3,90	3,49 - 4,36
Raucher	15	1	96	7,3	9,9	12,8			16,4	9,57	8,52	5,77 - 12,60
Anzahl Raucher im Haushalt***												
Kein Raucher	404	78	81	0,3	5,6	16,8	20,2	23,9	45,1	7,10	3,81	3,33 - 4,35
Ein Raucher	156	44	72	0,3	5,8	19,8	32,4	33,4	43,4	8,37	3,32	2,57 - 4,30
Mehr als ein	79	2	97	2,4	7,5	21,4	25,9	26,5	26,5	9,46	6,96	5,69 - 8,50
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	63	84	0,3	6,1	18,2	22,2	31,6	45,1	7,83	4,26	3,73 - 4,86
Nein	244	61	75	0,3	6,1	19,3	20,9	33,4	43,4	7,50	3,54	2,93 - 4,28
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum**												
Keine	43	10	77	0,3	3,8	15,8	23,0		45,1	6,26	2,95	1,92 - 4,54
Einige	264	36	86	0,3	6,9	18,3	22,4	33,4	33,5	8,42	4,83	4,13 - 5,64
Eher viele	331	78	76	0,3	6,1	18,5	21,4	26,5	43,4	7,31	3,53	3,01 - 4,13
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	0	100	4,0	6,1	19,2			20,2	8,52	7,43	5,72 - 9,65
Nein	618	124	80	0,3	6,2	18,3	21,5	32,0	45,1	7,70	3,90	3,49 - 4,36
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus*												
Ja	45	2	96	2,7	6,1	12,5	18,2		21,0	7,29	5,93	4,68 - 7,51
Nein	595	122	79	0,3	6,1	18,3	21,6	32,0	45,1	7,73	3,85	3,43 - 4,32

Tabelle C 46 Decanal in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Decanal	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	266	58	0,3	1,3	9,1	10,9	13,2	24,8	2,95	1,31	1,18 - 1,46
Geschlecht												
Jungen	331	138	58	0,3	1,7	9,5	12,3	13,0	24,8	3,18	1,39	1,20 - 1,61
Mädchen	308	128	58	0,3	1,1	7,6	10,3	15,4	24,0	2,72	1,24	1,07 - 1,43
Lebensalter**												
3 bis 5 Jahre	123	56	54	0,3	1,1	6,4	7,6	10,1	12,1	2,11	1,07	0,86 - 1,32
6 bis 10 Jahre	204	90	56	0,3	0,9	9,5	11,8	12,7	19,6	2,76	1,19	0,99 - 1,43
11 bis 13 Jahre	128	57	56	0,3	1,0	7,5	10,5	14,1	24,8	2,78	1,22	0,97 - 1,54
14 bis 17 Jahre	184	63	66	0,3	2,2	10,3	13,0	15,4	24,0	3,85	1,77	1,45 - 2,16
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	67	62	0,3	2,2	9,4	13,5	15,4	24,0	3,49	1,55	1,27 - 1,90
BIK 5-6	41	17	57	0,3	1,7	7,1	10,2		15,0	2,78	1,32	0,86 - 2,00
BIK 7-10	420	181	57	0,3	1,1	7,9	10,9	13,0	24,8	2,75	1,22	1,08 - 1,39
Sozioökonomischer Status***												
niedrig	126	46	63	0,3	2,3	10,2	14,9	15,4	24,0	4,23	1,81	1,40 - 2,35
mittel	387	162	58	0,3	1,7	7,9	11,4	13,1	24,8	2,89	1,32	1,16 - 1,51
hoch	124	57	54	0,3	0,6	5,5	7,6	11,4	13,2	1,89	0,94	0,76 - 1,15
Wohnort												
alte Länder	537	224	58	0,3	1,2	9,1	10,2	13,0	24,8	2,89	1,29	1,15 - 1,44
neue Länder	102	42	59	0,3	1,8	10,0	13,2	16,5	24,0	3,31	1,44	1,10 - 1,88
Migrationshintergrund												
ohne	479	201	58	0,3	1,5	9,4	12,5	14,1	24,8	3,19	1,38	1,22 - 1,57
einseitig	56	20	65	0,3	1,1	6,9	9,8	11,7	12,0	2,18	1,14	0,84 - 1,54
zweiseitig	102	44	57	0,3	1,0	5,5	9,6	10,2	12,2	2,29	1,11	0,87 - 1,41
Rauchstatus												
Nichtraucher	624	264	58	0,3	1,2	9,2	11,2	13,2	24,8	2,96	1,29	1,17 - 1,44
Raucher	15	1	92	0,9	2,4	4,0			7,1	2,74	2,36	1,61 - 3,46
Anzahl Raucher im Haushalt*												
Kein Raucher	404	179	56	0,3	1,0	7,6	10,2	14,1	24,8	2,84	1,23	1,08 - 1,40
Ein Raucher	156	67	57	0,3	1,2	9,7	13,0	13,2	19,6	3,05	1,30	1,05 - 1,61
Mehr als ein	79	20	75	0,3	2,3	10,1	11,6	12,4	12,4	3,37	1,86	1,42 - 2,43
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	153	61	0,3	1,4	9,2	10,2	12,7	24,8	2,95	1,36	1,19 - 1,54
Nein	244	113	54	0,3	1,0	9,0	13,0	15,4	24,0	2,96	1,24	1,05 - 1,48
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum												
Keine	43	18	59	0,3	0,7	12,4	12,7		12,7	3,16	1,27	0,83 - 1,95
Einige	264	93	65	0,3	2,0	9,5	12,4	13,1	24,8	3,36	1,56	1,32 - 1,83
Eher viele	331	155	53	0,3	0,9	7,0	10,1	15,1	24,0	2,61	1,15	1,00 - 1,32
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	6	65	0,3	2,0	10,2			10,2	2,81	1,37	0,71 - 2,61
Nein	618	256	59	0,3	1,3	9,1	11,3	13,2	24,8	2,98	1,32	1,19 - 1,47
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus												
Ja	45	16	65	0,3	2,0	5,3	10,2		11,3	2,41	1,31	0,92 - 1,86
Nein	595	250	58	0,3	1,3	9,2	11,9	13,2	24,8	3,00	1,31	1,18 - 1,46

Tabelle C 47 Summe Aldehyde C4 bis C11 in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Summe Aldehyde C ₄ - C ₁₁	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	8,2	26,7	65,3	82,3	97,6	162,0	32,50	24,52	23,00 - 26,15
Jungen	331	8,9	26,8	65,9	82,3	97,6	154,6	32,56	24,52	22,44 - 26,79
Mädchen	308	7,1	26,7	65,2	77,6	99,1	162,0	32,44	24,53	22,34 - 26,93
Lebensalter*										
3 bis 5 Jahre	123	9,6	34,8	82,6	97,2	106,6	154,6	38,82	28,97	24,88 - 33,72
6 bis 10 Jahre	204	10,0	27,5	55,2	74,0	92,4	160,1	31,56	25,13	22,68 - 27,83
11 bis 13 Jahre	128	6,6	22,9	58,7	77,5	99,2	143,9	29,56	21,20	18,14 - 24,78
14 bis 17 Jahre	184	7,0	25,4	66,9	81,5	91,1	162,0	31,36	23,62	20,92 - 26,67
Gemeindetyp										
BIK 1-4	178	7,0	28,1	71,3	87,8	99,0	162,0	34,11	25,36	22,46 - 28,63
BIK 5-6	41	2,7	32,2	62,5	63,7		125,1	29,79	20,41	14,54 - 28,64
BIK 7-10	420	9,4	26,0	65,1	82,3	97,6	160,1	32,08	24,61	22,79 - 26,57
niedrig	126	6,7	35,2	82,8	87,8	94,7	162,0	37,82	26,87	22,72 - 31,78
mittel	387	8,9	27,0	63,5	82,3	98,7	154,6	32,35	24,40	22,44 - 26,52
hoch	124	12,1	22,9	48,0	66,0	103,3	160,1	27,79	22,87	20,43 - 25,61
Wohnort										
alte Länder	537	7,5	26,7	63,0	80,5	94,7	160,1	31,84	24,09	22,45 - 25,86
neue Länder	102	10,1	26,8	81,9	99,3	149,3	162,0	35,96	26,90	23,07 - 31,36
ohne	479	7,6	25,9	63,7	74,7	94,7	162,0	32,19	24,17	22,43 - 26,04
einseitig	56	5,0	26,8	91,0	97,6	114,8	116,6	33,96	23,96	18,76 - 30,61
zweiseitig	102	14,8	28,0	65,4	83,4	96,0	99,2	33,31	26,62	22,94 - 30,90
Nichtraucher	624	7,8	26,7	65,4	82,3	97,6	162,0	32,59	24,46	22,91 - 26,12
Raucher	15	20,7	25,2	41,3			42,9	29,26	27,95	23,48 - 33,26
Kein Raucher	404	9,4	26,0	60,7	77,8	97,6	162,0	31,54	24,71	22,97 - 26,57
Ein Raucher	156	2,7	27,1	78,3	87,8	114,2	160,1	34,31	22,42	18,93 - 26,55
Mehr als ein Raucher	79	11,0	28,2	61,6	72,1	94,7	94,7	33,89	28,18	24,37 - 32,58
Ja	395	9,4	26,0	61,7	72,5	93,7	160,1	31,51	23,84	21,95 - 25,88
Nein	244	7,0	28,0	73,5	83,5	99,1	162,0	34,12	25,68	23,17 - 28,46
Keine	43	8,7	21,0	61,6	73,7		160,1	29,27	20,88	16,05 - 27,18
Einige	264	10,4	28,0	63,7	82,2	87,8	125,1	33,02	26,38	24,15 - 28,81
Eher viele	331	7,0	25,9	68,9	83,4	98,1	162,0	32,52	23,63	21,46 - 26,01
Ja	17	20,1	32,4	93,7			99,2	37,15	31,15	22,78 - 42,59
Nein	618	8,0	26,6	65,4	82,3	97,3	162,0	32,48	24,42	22,87 - 26,08
Ja	45	11,5	29,9	64,5	94,6		160,1	34,04	27,44	22,17 - 33,96
Nein	595	7,6	26,1	65,4	82,3	97,3	162,0	32,39	24,32	22,74 - 26,01

Tabelle C 48 Benzaldehyd in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Bestimmungsgrenze $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Benzaldehyd	N	n < BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	639	287	55	0,1	0,6	3,6	4,9	7,1	12,1	1,34	0,54	0,49 - 0,61
Geschlecht												
Jungen	331	150	55	0,1	0,5	3,2	4,9	7,6	11,1	1,26	0,52	0,44 - 0,6
Mädchen	308	137	55	0,1	0,6	3,7	5,4	6,6	12,1	1,42	0,57	0,49 - 0,67
Lebensalter												
3 bis 5 Jahre	123	58	53	0,1	0,6	3,1	5,2	9,9	12,1	1,45	0,55	0,43 - 0,72
6 bis 10 Jahre	204	83	59	0,1	0,9	4,1	5,5	6,3	7,7	1,56	0,65	0,53 - 0,80
11 bis 13 Jahre	128	59	54	0,1	0,5	2,8	5,1	7,5	11,1	1,12	0,46	0,37 - 0,58
14 bis 17 Jahre	184	87	53	0,1	0,5	3,6	4,2	6,6	8,4	1,16	0,49	0,40 - 0,60
Gemeindetyp												
BIK 1-4	178	72	60	0,1	0,7	2,7	3,3	6,6	12,1	1,23	0,57	0,47 - 0,69
BIK 5-6	41	15	62	0,1	0,5	4,1	5,1		6,5	1,44	0,63	0,40 - 0,99
BIK 7-10	420	200	52	0,1	0,5	3,7	5,3	7,3	11,1	1,37	0,53	0,46 - 0,60
Sozioökonomischer Status												
niedrig	126	68	46	0,1	0,1	3,1	4,9	7,5	7,7	1,09	0,41	0,32 - 0,52
mittel	387	162	58	0,1	0,7	3,6	5,1	7,3	12,1	1,41	0,60	0,52 - 0,69
hoch	124	57	54	0,1	0,6	3,7	5,7	7,1	10,5	1,36	0,54	0,42 - 0,70
Wohnort***												
alte Länder	537	258	52	0,1	0,5	3,4	4,8	6,4	12,1	1,25	0,50	0,44 - 0,56
neue Länder	102	29	71	0,1	1,1	5,2	6,5	9,4	11,1	1,81	0,84	0,64 - 1,11
Migrationshintergrund												
ohne	479	203	58	0,1	0,6	3,9	5,2	7,3	12,1	1,43	0,58	0,51 - 0,66
einseitig	56	34	39	0,1	0,1	3,0	5,5	9,6	10,5	1,13	0,39	0,27 - 0,58
zweiseitig	102	49	52	0,1	0,5	3,0	3,6	4,9	6,6	1,05	0,47	0,36 - 0,61
Rauchstatus**												
Nichtraucher	624	286	54	0,1	0,5	3,6	4,9	7,2	12,1	1,33	0,53	0,47 - 0,59
Raucher	15	1	93	0,7	2,0	3,6			3,6	1,82	1,50	0,96 - 2,33
Anzahl Raucher im Haushalt***												
Kein Raucher	404	199	51	0,1	0,4	3,6	4,9	6,6	11,1	1,26	0,49	0,43 - 0,56
Ein Raucher	156	70	55	0,1	0,5	3,5	5,1	9,3	12,1	1,31	0,52	0,42 - 0,65
Mehr als ein	79	18	77	0,1	1,7	3,9	4,5	7,7	7,7	1,80	1,03	0,78 - 1,37
Möbelstücke aus Vollholz im Raum												
Ja	395	166	58	0,1	0,6	3,4	4,5	7,1	11,1	1,32	0,57	0,50 - 0,65
Nein	244	121	50	0,1	0,2	3,6	5,1	7,4	12,1	1,36	0,50	0,42 - 0,60
Möbelstücke aus gepresster Spanplatte im Raum***												
Keine	43	28	36	0,1	0,1	2,5	3,3		4,2	0,70	0,30	0,21 - 0,44
Einige	264	91	66	0,1	0,9	3,6	4,2	7,2	11,1	1,40	0,66	0,56 - 0,78
Eher viele	331	168	49	0,1	0,1	4,0	5,5	7,5	12,1	1,38	0,50	0,43 - 0,59
Fußbodenbelag aus Linoleum im Raum												
Ja	17	6	67	0,1	1,8	5,2			6,6	1,71	0,83	0,40 - 1,72
Nein	618	277	55	0,1	0,6	3,6	4,9	7,3	12,1	1,34	0,54	0,48 - 0,61
Fußbodenbelag aus Linoleum in dieser Wohnung/ diesem Haus***												
Ja	45	10	77	0,1	1,7	6,3	6,9		7,3	2,08	1,08	0,72 - 1,63
Nein	595	277	53	0,1	0,5	3,6	4,8	6,6	12,1	1,28	0,52	0,46 - 0,58