

UMWELT & GESUNDHEIT

03/2010

Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06

Innenraumluf - Flüchtige organische Verbindungen
in der Innenraumluf in Haushalten mit Kindern in
Deutschland

Kurzfassung / Summary

GESUNDHEITSFORSCHUNG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR BILDUNG
UND FORSCHUNG

Förderkennzeichen 01 EH 0202

Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06

**Innenraumluft - Flüchtige organische
Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten
mit Kindern in Deutschland**

Kurzfassung / Summary

von

**Christine Schulz, Detlef Ullrich,
Helga Pick-Fuß, Margarete Seiwert,
André Conrad, Klaus-Reinhard Brenske,
Andreas Hünken, Anika Lehmann,
Marike Kolossa-Gehring**

Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau / Berlin

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
(BMU) und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V., Projektträger des
Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4011.html> verfügbar.
Hier finden Sie auch den vollständigen Band.

Durchführung: Umweltbundesamt (UBA), Dessau/Berlin, Robert Koch-Institut (RKI), Berlin

Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Projektträger des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Der Kinder-Umwelt-Survey wurde mit UFOPLAN-Mitteln der Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert (FKZ 202 62 219).

Projektleitung: Marike Kolossa-Gehring / Christine Schulz

Berichterstellerinnen und Berichtersteller: Christine Schulz, Detlef Ullrich, Helga Pick-Fuß, Margarete Seiwert, André Conrad, Klaus-Reinhard Brenske, Andreas Hünken, Anika Lehmann, Marike Kolossa-Gehring

unter Mitarbeit von: Heidi Becker, Kerstin Becker, Carola Gleue, Wolfgang Heger, Anja Herz, Catrin Lusansky, Andreas Naulin, Heinz-Jörn Moriske, Yüksel Sonar, Lydia Windmüller und Feldteams des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS) des RKI und Fa. ERGO, Hamburg

Danksagung: Wir möchten an dieser Stelle allen Beteiligten an dieser Studie und den Bürgerinnen und Bürgern, die an dieser zeitintensiven Untersuchung teilgenommen haben, unseren herzlichen Dank aussprechen. Ferner bedanken wir uns herzlich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der örtlichen Gesundheits- und Umweltämter, Krankenhäuser, Rathäuser usw., die uns bei der Durchführung der Studie vor Ort unterstützt haben.

ISSN 1862-4340

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 1.2 Toxikologie, gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung
Helga Pick-Fuß, Christine Schulz

Dessau-Roßlau / Berlin, August 2010

Zusammenfassung

Der Umwelt-Survey ist eine repräsentative Bevölkerungsstudie zur Ermittlung der Schadstoffbelastung der Allgemeinbevölkerung, die seit Mitte der 80er Jahre vom Umweltbundesamt in Deutschland durchgeführt wird. Im Kinder-Umwelt-Survey (KUS), dem vierten Umwelt-Survey, wurden erstmalig die Schadstoffbelastungen der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland auf repräsentativer Basis erfasst. Der KUS ist ein Modul des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) und wurde in enger Kooperation mit dem Robert Koch-Institut (RKI) durchgeführt. Bei einer zufällig ausgewählten Unterstichprobe des KiGGS von 1.790 Kindern im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 Orten wurden umfangreiche Daten zur Umweltbelastung durch chemische Schadstoffe, biologische Noxen (wie Schimmelpilze, Hausstaubmilben) und Lärm erhoben.

Der vorliegende Bericht „Innenraumlufte“ liefert die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung der Innenraumlufteuntersuchungen und stellt den vierten Basisbericht des KUS dar. In ihm werden zunächst das Studiendesign, die chemische Analytik und die statistische Auswertung beschrieben, soweit dies für das Verständnis des Berichtes nötig ist. Die Deskription der Ergebnisse ist nach den gemessenen Stoffgruppen: Alkane, aromatische Verbindungen, halogenhaltige Verbindungen, sauerstoffhaltige Verbindungen, Terpene, Aldehyde und Summe der VOC gegliedert. Zu jeder Stoffgruppe werden ihre umwelthygienische/-medizinische Bedeutung (soweit möglich), ihr Vorkommen in der Innenraumlufte und die signifikanten bivariaten Ergebnisse textlich beschrieben. Die Verteilungen der einzelnen VOC-Konzentrationen in der Innenraumlufte sind in Tabellen unter Angabe diverser Kennwerte für die Gesamtpopulation sowie für definierte Teilpopulationen wiedergegeben.

Zur Probenahme wurden drei Passivsammlertypen (Perkin Elmer Tenax-Röhrchen, 3M OVM-3500 und SKC UMEx-100) über eine Woche eingesetzt. Damit konnten Wochenmittelwerte unter realen Bedingungen der Raumnutzung bestimmt werden, so dass die tatsächliche Exposition der Raumnutzer über diese Zeitspanne abgeleitet werden kann. Die Probenahme fand in dem Raum statt, in dem sich das Kind (3 bis 14 Jahre) im Allgemeinen während der 24 Stunden eines Tages am längsten aufhält. Zu ca. 95 % war dies das Kinderzimmer, in gut 4 % der Fälle das Elternschlafzimmer und in 1 % ein anderer Wohnraum.

Die chemischen Analysen erfolgten mittels Gaschromatographie (Detektion der VOC mittels FID oder Massenspektrometer) und HPLC (Detektion der umgesetzten Aldehyd-Hydrazone

mittels Diodenarray-Detektor). Die spezifischen Aufnahmeraten für die Passivsammler und wichtige Maßnahmen zur Qualitätssicherung sind bei Ullrich et al. [2006] beschrieben.

In den **Tabellen Z1** und **Z2** sind unter der Angabe diverser Kennwerte die Konzentrationen der Alkane, aromatischen, halogenhaltigen und sauerstoffhaltigen Verbindungen, der Terpene, die Summe VOC und der Aldehyde in der Innenraumluf aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland zusammenfassend wiedergegeben. Die mittleren Gehalte (geometrische Mittelwerte) in der Raumluf der Kinderzimmer der 3- bis 14-Jährigen in Deutschland betrugen für die Summe der Alkane $28,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für die Summe der aromatischen Verbindungen $36,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Summe der halogenierten Verbindungen $3,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für die Summe der sauerstoffhaltigen Verbindungen $57,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für die Summe der Terpene $33,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für die Summe der Aldehyde $87,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für TVOC $0,29 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Zur **gesundheitlichen Beurteilung** von VOC in der Innenraumluf werden die von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufhygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsämter toxikologisch begründeten Richtwerte herangezogen [UBA 2007]. Derartige Richtwerte liegen jedoch nur für eine geringe Zahl an Einzelverbindungen und Stoffgruppen vor. Für die Bewertung der Vielzahl der VOC, die in der Innenraumluf anzutreffen sind, hat die Ad-hoc-AG daher eine Bewertung der Summe der Konzentrationen aller Einzelverbindungen (TVOC, T von engl. total) vorgenommen. Für die **hygienische Bewertung der TVOC-Konzentrationen** wird das von der genannten Ad-hoc-AG in fünf Stufen gegliederte Schema [UBA 2007] herangezogen. Voraussetzung für die Anwendung dieses Schemas ist, dass toxikologisch begründete Richtwerte von Einzelstoffen oder Stoffgruppen dabei nicht überschritten werden.

In 54,8 % ($n = 304$) der Haushalte war die Innenraumlufqualität hygienisch unbedenklich, d. h. die TVOC-Konzentrationen in der Innenraumluf lagen nicht über $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ und kein Richtwert wurde überschritten. In 4,7 % ($n = 26$) aller untersuchten Räume wurde der Richtwert-I [UBA 2007] bei mindestens einem Einzelstoff (Toluol, Styrol, Naphthalin) oder einer Stoffgruppe ($\text{C}_9 - \text{C}_{14}$ Kohlenwasserstoffe; bicyclische Terpene) überschritten. In weiteren 37,1 % ($n = 206$) der Haushalte lagen die TVOC-Konzentrationen im Bereich zwischen $0,3$ und $1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Dieser Konzentrationsbereich wird als hygienisch noch unbedenklich eingestuft und zeigt aber zugleich die Notwendigkeit für verstärktes Lüften an. TVOC-Konzentrationen zwischen 1 und $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ wurden in 3,4 % ($n = 19$) der Haushalte gemessen. Diese Konzentrationen sind als hygienisch auffällig zu bewerten, d. h. in Räumen, die für einen regelmäßigen und längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind – wie eben Kinderzimmer – sollte auf Dauer ein TVOC-Wert diesen Bereich nicht überschreiten. TVOC-Konzentrationen über $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ wurden in keinem Haushalt ermittelt.

Im Bericht werden auch die Kennwerte der Verteilungen der VOC in der Innenraumluft für Teilgruppen angegeben. Diese Gliederung umfasst immer die Stratifizierungsmerkmale Wohnort (alte und neue Bundesländer), Gebietstyp (städt. / vorstädt. / ländl.), Sozial- und Migrantenstatus sowie stoffspezifische potenziellen Einflussgrößen wie Zahl der Raucher/innen im Haushalt, Renovierung, Anwendung von Haushaltschemikalien/mitteln. Zur Ermittlung signifikanter Belastungsunterschiede wird geprüft, ob sich die geometrischen Mittelwerte der verschiedenen Teilkollektive signifikant unterscheiden. Im Text wird dann von signifikant höheren/niedrigeren mittleren Konzentrationen gesprochen. Zur Prüfung werden t-Tests (bei zwei Kollektiven), einfaktorielle Varianzanalysen (bei mehr als zwei zu vergleichenden Kollektiven) mit den logarithmierten Verbindungen oder der χ^2 -Test für Kontingenztafeln (sofern ein hoher Anteil der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze lag) durchgeführt.

In den neuen **Ländern** (NL) wurden vielfach signifikant höhere mittlere Konzentrationen an VOC in der Innenraumluft nachgewiesen (hauptsächlich Aldehyde und sauerstoffhaltige Verbindungen, vereinzelt auch Alkane und Terpene sowie Naphthalin und TVOC) im Vergleich zu den alten Ländern (AL); mit einer Ausnahme: die o-Xylol-Konzentration, die in den AL im geometrischen Mittel höher war als in den NL.

Hinsichtlich des Stratifizierungsmerkmals „**Gebietstyp**“ ergaben sich bei einer Reihe von VOC (hauptsächlich Aldehyde und sauerstoffhaltige Verbindungen sowie Limonen und Longifolen) die signifikant höheren mittleren Konzentrationen in Haushalten, die in städtischem Gebiet lagen. Ausnahmen waren die mittleren n-Propylbenzol- und n-Tridecan-Konzentrationen, die in Haushalten aus ländlichem Gebiet signifikant höher waren im Vergleich zu Haushalten in den anderen Gebietstypen. In der Gruppe der Alkane zeigten sich recht unterschiedliche Ergebnisse.

Auch bei den VOC-Messungen in Kinderzimmern zeigt sich, dass Umweltbelastungen sozial ungleich verteilt sind [Seiwert et al. 2008]. So wurden in Haushalten von Familien mit niedrigem **Sozialstatus** im Mittel signifikant höhere Konzentrationen bzw. mehr Messwerte ab der Bestimmungsgrenze an n-Octan, Benzol, Toluol, m-, p-Xylol, 1,3,5-Trimethylbenzol, der Summe der sauerstoffhaltigen Verbindungen und Propanal nachgewiesen im Vergleich zu Haushalten von Familien mit höherem Sozialstatus. Hingegen lagen die mittleren Konzentrationen an n-Pentadecan, der Summe der fünf Terpene sowie an α -Pinen, β -Pinen, δ -3-Caren, Nonanal und Furfural in Haushalten von Familien mit hohem Sozialstatus über denen in Haushalten von Familien mit niedrigerem Sozialstatus. In der Innenraumluft aus Haushalten von Familien mit **Migrationshintergrund** wurden signifikant geringere mittlere Konzentrationen an n-Decan, n-Undecan, Ethylbenzol, m-,p-Xylol, 3-Ethyltoluol, 1,2,3-;

1,2,4- und 1,3,5-Trimethylbenzol sowie 2-Phenoxyethanol nachgewiesen als in Haushalten von Familien ohne Migrationshintergrund. Die mittleren Limonen- und Furfural-Konzentrationen lagen hingegen in Haushalten von Familien mit Migrationshintergrund signifikant über denen in Haushalten von Familien ohne Migrationshintergrund.

In der Innenraumluft in „**Raucher**“-Haushalten, d. h. in Haushalten, in denen Raucher und Raucherinnen lebten, wurden signifikant höhere mittlere Konzentrationen an n-Octan, Benzol, Isopropylbenzol, 3-Ethyltoluol, fast allen (neun von 15) gemessenen Aldehyden sowie TVOC ermittelt als in „**Nichtraucher**“-Haushalten.

Gaben die Bewohner an, dass das Haus, in dem sie lebten, erst vor kurzer Zeit **grundsaniert oder fertig gestellt** wurde, oder dass im dem Probenahmeraum in den letzten 12 Monaten **Renovierung** durchgeführt wurden, waren für eine Reihe an VOC die mittleren Konzentrationen signifikant höher im Vergleich zu Haushalten, in denen dies nicht der Fall war.

Die Anwendung von **Körperpflegemitteln** und **Putzmitteln** im Probenahmeraum sowie die häufige Anwendung von **chemischen Haushaltsprodukten** in der Wohnung führten zu signifikant höheren mittleren Konzentrationen einer Vielzahl der sauerstoffhaltigen Verbindungen. In Haushalten, in denen üblicherweise **Duft- und Aromastoffen** benutzt wurden, lag die mittlere Konzentration an Limonen signifikant höher als in Haushalten, in denen dies nicht der Fall war. Interessanter Weise wurden geringere mittlere Konzentrationen an Benzol, 1,2,4-Trimethylbenzol und Isobutanol in der Innenraumluft nachgewiesen, wenn die Probanden angaben, dass **lösungsmittelhaltige Büromaterialien** im Probenahmeraum angewandt wurden.

In Räumen mit **Möbeln aus Vollholz** waren die mittleren Konzentrationen an α -Pinen, β -Pinen, δ -3-Caren, der Summe der Terpene und Methylglyoxal signifikant höher als in Räumen ohne derartige Möbel. Bei Formaldehyd, Butanal, der Summe über elf und 15 Aldehyde, Longifolen und TVOC zeigte sich hingegen ein umgekehrtes Bild: In Räumen mit Möbeln aus Vollholz wurden signifikant geringere mittlere Konzentrationen nachgewiesen bzw. lag der Anteil der Messwerte ab der Bestimmungsgrenze niedriger als in Räumen ohne diese Möbel. In Räumen mit vielen **Möbeln aus Spanplatten** wurden im Mittel signifikant höhere Formaldehyd-Konzentrationen ermittelt im Vergleich zu Räumen mit wenigen bzw. keinen derartigen Möbeln. Die mittlere Hexanal-Konzentration lag in den Räumen signifikant höher, in denen die Möbel aus Spanplatten nach der Einführung der Begrenzung der Formaldehydemissionen aus Spanplatten gekauft wurden.

Die Ausstattung des Probenahmeraums mit **Holz an Wand, Decke und/oder Fußboden** führte zu signifikant geringeren mittleren Konzentrationen einer Reihe von Aldehyden, Limonen, Longifolen und TVOC in der Raumluft im Vergleich zu den Räumen, die keine derartige Ausstattung mit (Voll-)Holz aufwiesen. Ein Zusammenhang zwischen diesem Stratifizierungsmerkmal und den mittleren Konzentrationen an α -Pinen, β -Pinen und δ -3-Caren konnte nicht nachgewiesen werden.

In Räumen mit **Linoleum oder Korkfußboden** waren die mittleren Konzentrationen an Acetaldehyd signifikant höher und die Konzentrationen an Nonanal, Decanal und Undecanal signifikant niedriger im Vergleich zu Räumen ohne derartige Fußbodenbeläge.

Mit diesem Bericht wird die Qualität der Innenraumluft in Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland im Zeitraum 2003 bis 2006 beschrieben und der interessierten Fachöffentlichkeit eine Übersicht über die Ergebnisse der Innenraumluftuntersuchungen des KUS gegeben. In weiteren Auswertungen und Publikationen des Umweltbundesamtes wird u. a. der Zusammenhang zwischen den VOC-Konzentration in Kinderzimmern und der Prävalenz von Reizungen, der Augen, Nase und/oder Kehle der in diesen Räumen lebenden Kinder eruiert und vorgestellt. Das Umweltbundesamt stellt die Daten des KUS interessierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als Public Use File zur Verfügung.

Tab. Z1: VOC in der Innenraumlufth [µg/m³] in Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland (N=555)

[Bestimmungsgrenze: 1,0 µg/m³]

	n<BG	%≥BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI - GM
Alkane											
n-Heptan	204	63	<1,0	1,4	12,7	22,8	85,2	414	6,69	2,09	1,88 - 2,31
n-Octan	257	54	<1,0	1,1	4,5	10,3	24,5	69,4	2,97	1,44	1,33 - 1,56
n-Nonan	293	47	<1,0	<1,0	5,2	12,1	20,7	66,4	2,72	1,40	1,29 - 1,52
n-Decan	222	60	<1,0	1,4	8,2	14,9	27,2	108	3,65	1,77	1,62 - 1,94
n-Undecan	220	60	<1,0	1,4	9,8	14,8	24,2	135	3,95	1,84	1,68 - 2,02
n-Dodecan	255	54	<1,0	1,1	4,8	7,9	18,2	186	2,72	1,41	1,31 - 1,52
n-Tridecan	323	42	<1,0	<1,0	2,7	4,2	7,5	44,0	1,59	1,10	1,04 - 1,16
n-Tetradecan	86	85	<1,0	1,7	4,1	5,4	8,7	55,4	2,42	1,83	1,73 - 1,93
n-Pentadecan	204	63	<1,0	1,2	2,7	3,7	5,4	21,1	1,56	1,26	1,20 - 1,32
n-Hexadecan	298	46	<1,0	<1,0	1,9	2,3	3,1	9,7	1,15	1,00	<1,0 - 1,04
n-Heptadecan	427	23	<1,0	<1,0	1,4	2,0	2,8	6,3	<1,0	<1,0	
n-Octadecan	516	7	<1,0	<1,0	<1,0	2,0	2,8	3,5	<1,0	<1,0	
Cyclohexan	152	73	<1,0	2,5	15,6	39,1	65,3	456	9,18	2,87	2,58 - 3,20
Methylcyclohexan	266	52	<1,0	1,1	10,4	26,5	57,9	400	5,86	1,74	1,58 - 1,93
Σ 14 Alkane			11,7	22,3	97,2	158	300	707	46,2	28,2	26,3 - 30,3
Aromatische Verbindungen											
Benzol	137	75	<1,0	1,8	5,7	7,7	11,2	61,0	2,74	1,90	1,78 - 2,04
Toluol	0	100	4,1	13,5	47,2	57,6	92,8	2400	27,2	13,6	12,5 - 14,8
Ethylbenzol	179	68	<1,0	1,4	4,6	6,8	12,4	40,8	2,4	1,59	1,49 - 1,70
m-,p-Xylol	52	91	1,0	3,2	11,1	16,0	30,3	200	5,62	3,30	3,05 - 3,57
o-Xylol	241	57	<1,0	1,2	4,1	5,5	9,1	47,8	1,95	1,33	1,25 - 1,42
m-, o-, p-Xylol			1,8	4,5	15,0	21,2	34,5	248	7,57	4,81	4,48 - 5,16
Isopropylbenzol	516	7	<1,0	<1,0	<1,0	1,3	1,8	3,7	<1,0	<1,0	
n-Propylbenzol	454	18	<1,0	<1,0	1,7	2,6	3,8	14,4	<1,0	<1,0	
Iso- + n-Propylbenzol			1,4	1,4	1,4	2,6	3,6	7,4	1,54	1,48	1,46 - 1,51
2-Ethyltoluol	475	14	<1,0	<1,0	1,6	2,3	3,6	13,6	<1,0	<1,0	
3-Ethyltoluol	341	39	<1,0	<1,0	3,3	5,5	9,6	41,2	1,66	1,10	1,04 - 1,17
4-Ethyltoluol	475	14	<1,0	<1,0	1,4	2,6	4,1	19,7	<1,0	<1,0	
3- + 4-Ethyltoluol			1,4	1,4	5,1	8,3	13,4	60,9	2,64	1,96	1,87 - 2,07
1,2,3-Trimethylbenzol	446	20	<1,0	<1,0	1,9	2,9	4,6	12,3	1,05	<1,0	
1,2,4-Trimethylbenzol	177	68	<1,0	1,5	5,8	10,3	14,9	58,8	2,87	1,69	1,57 - 1,82
1,3,5-Trimethylbenzol	449	19	<1,0	<1,0	1,7	2,9	4,6	24,3	1,07	<1,0	
Styrol	329	41	<1,0	<1,0	2,8	4,8	8,3	32,0	1,57	1,10	1,04 - 1,17
Naphthalin	517	7	<1,0	<1,0	<1,0	1,2	2,8	4,9	<1,0	<1,0	
4-Phenylcyclohexen	555	0									
Σ 16 aromatische Verbindungen			16,2	32,9	88,7	123	218	2430	53,4	36,4	34,2 - 38,6
Halogenhaltige Verbindungen											
1,1,1-Trichlorethan	528	5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,2	14,3	<1,0	<1,0	
Trichlorethen	534	4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,0	64,3	<1,0	<1,0	
Perchlorethen	517	7	<1,0	<1,0	<1,0	1,4	3,4	28,0	<1,0	<1,0	
1,4-Dichlorbenzol	548	1	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	11,3	<1,0	<1,0	
Σ 4 halogenhaltige Verbindungen			<2,8	<2,8	3,6	5,4	11,5	70,5	3,44	3,07	2,98 - 3,16

Tab. Z1ff: VOC in der Innenraumluft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland (N=555)

[Bestimmungsgrenze: $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$]

	n<BG	% $\geq$ BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI - GM
Sauerstoffhaltige Verbindungen											
Ethylacetat	12	98	2,3	9,3	47	70,8	170	785	22,4	9,78	8,84 - 10,8
Butylacetat	64	88	<1,0	4,1	18	30,7	63,2	214	8,74	4,11	3,73 - 4,52
1-Methoxy-2-propanol-acetat	426	23	<1,0	<1,0	2,0	3,6	7,5	93,5	1,36	<1,0	
Methylethylketon	519	6	<7,5	<7,5	<7,5	9,2	18,1	139	<7,5	<7,5	
Methylisobutylketon *	407	27	<1,0	<1,0	1,9	2,6	4,5	17,3	1,12	<1,0	
1-Butanol	10	98	2,3	5,4	12,9	17,6	29,1	71,6	6,98	5,35	5,03 - 5,69
Isobutanol **	505	9	<3,5	<3,5	<3,5	4,9	7,9	40,7	<3,5	<3,5	
2-Methoxyethanol	528	5	<1,0	<1,0	<1,0	1,2	1,4	14,1	<1,0	<1,0	
2-Ethoxyethanol	502	10	<1,0	<1,0	<1,0	1,5	2,4	7,1	<1,0	<1,0	
2-Butoxyethanol	215	61	<1,0	1,4	5,8	10,3	23,1	117	2,99	1,65	1,53 - 1,79
2-Butoxyethoxy-ethanol	374	33	<1,0	<1,0	2,7	6,0	9,6	35,5	1,60	1,03	<1,0 - 1,10
2-Phenoxyethanol	357	36	<1,0	<1,0	2,8	3,7	5,6	11,5	1,28	1,01	<1,0 - 1,06
1-Methoxy-2-propanol	198	64	<1,0	1,5	5,3	8,4	15,5	86,1	2,95	1,70	1,58 - 1,84
1-Butoxy-2-propanol	295	47	<1,0	<1,0	7,6	12,8	30,6	126	3,69	1,49	1,36 - 1,63
1-Phenoxy-2-propanol	544	2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,1	3,1	<1,0	<1,0	
2-Ethyl-1-hexanol	86	85	<1,0	2,6	7,5	11,4	20,2	67,0	3,91	2,56	2,38 - 2,75
Dipropylenglykol-monobutylether	457	18	<1,0	<1,0	1,6	3,2	8,6	35,0	1,37	<1,0	
Texanol	407	27	<1,0	<1,0	2,0	2,8	5,4	126	1,54	<1,0	
TXIB	227	59	<1,0	1,2	4,0	5,5	10,8	62,1	2,14	1,38	1,29 - 1,47
Σ 19 sauerstoffhaltige Verbindungen			27,4	52,8	130	194	281	850	73,4	57,8	54,8 - 60,9
Terpene											
α -Pinen	8	99	2,2	9,8	47	67,6	98,9	800	19,8	9,90	8,96 - 10,9
β -Pinen	240	57	<1,0	1,2	4,2	8,3	16,5	47,8	2,39	1,40	1,31 - 1,51
Limonen	38	93	1,5	11,5	71,4	103	169	400	26,3	10,7	9,52 - 12,1
δ -3-Caren	141	75	<1,0	2,6	14,6	22,7	41,5	336	6,48	2,93	2,65 - 3,24
Longifolen	465	16	<1,0	<1,0	1,3	1,8	2,2	8,0	<1,0	<1,0	
Σ 5 Terpene			7,9	34,8	123	184	264	1220	55,8	33,3	30,5 - 36,3
TVOC¹ (mg/m^3)			0,1	0,3	0,8	1,1	1,5	3	0,39	0,29	0,27 - 0,31

Anmerkungen:

* BG: 7,5, ** BG: 3,5.

TVOC¹: „Total Volatile Organic Compounds“, Summe aller VOC zwischen n-Hexan bis n-Hexadecan, in Toluol-Äquivalent-Einheiten.

N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG);

% $\geq$ 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.

Quelle:

Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

Tab. Z2: Aldehyde in der Innenraumlufth [µg/m³] in Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland (N=586)

	n<BG	%≥BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI - GM
Aldehyde											
Formaldehyd	0	100	13,2	23,5	41	47,7	58,3	68,9	25,7	23,3	22,4 - 24,2
Acetaldehyd	8	99	5,1	15,5	37,2	50,3	60,5	86,3	21,2	14,7	13,7 - 15,7
Propanal	0	100	1,4	2,5	4,8	6,1	9,2	40,9	3,04	2,54	2,43 - 2,65
Butanal	4	99	1,1	2,4	5,9	8,1	10,0	43,2	3,17	2,49	2,35 - 2,63
Pentanal	7	99	1,5	3,7	7,2	10,6	13,6	28,4	4,28	3,44	3,25 - 3,64
Hexanal	0	100	4,3	9,8	21,2	30,0	40,5	81,7	11,9	9,67	9,17 - 10,2
Heptanal	68	88	<0,7	1,3	2,4	3,0	4,1	9,1	1,48	1,27	1,21 - 1,33
Octanal	3	99	0,7	1,6	3,2	3,6	4,3	6,8	1,77	1,53	1,46 - 1,60
Nonanal	0	100	3,3	7,2	12,5	14,7	17,9	30,2	7,72	6,77	6,47 - 7,08
Decanal	17	97	0,9	2,5	4,8	5,5	6,3	9,9	2,66	2,19	2,07 - 2,32
Undecanal	327	44	<1,0	<1,0	2,3	3,1	4,9	13,2	1,30	1,06	1,01 - 1,11
Furfural	21	96	0,4	0,9	2,0	2,8	4,2	19,3	1,18	0,89	0,84 - 0,95
Benzaldehyd	13	98	1,2	2,9	5,6	6,6	8,4	11,9	3,15	2,62	2,48 - 2,76
Isovaleraldehyd	384	35	<0,5	<0,5	3,1	3,9	5,2	15,9	1,14	0,61	0,56 - 0,66
Methylglyoxal	295	50	<1,0	<1,0	14,1	17,8	26,9	54,1	4,66	2,08	1,88 - 2,31
Σ 11 Aldehyde (Formaldehyd bis Undecanal)			44,8	75,5	122	155	190	1010	85	76,9	74,3 - 79,6
Σ 15 Aldehyde (Formaldehyd bis Methylglyoxal)			53,1	85,5	135	170	208	1020	95,1	87,3	84,6 - 90,1

Anmerkungen:

N = Stichprobenumfang; BG = Bestimmungsgrenze; n < BG = Anzahl der Werte unter der 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.

Quelle:

Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

Summary

The German Environmental Survey (GerES) is a representative population study to determine the exposure of Germany's general population to pollutants. The survey has been carried out by the Federal Environment Agency since the mid-1980s. The German Environmental Survey on Children (GerES IV) is the first survey to determine on a representative basis contaminant levels of children and their homes in Germany. GerES on children is a module of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (German acronym: KiGGS) of the Robert Koch Institute (RKI) and was carried out in close cooperation with the RKI. It used a randomly selected sub-sample from KiGGS composed of 1,790 children 3 to 14 years of age from 150 study locations and produced extensive data on exposure to chemical pollutants, biological noxae (such as moulds and house dust mites) and noise.

This report provides the results of the evaluation of the investigations into indoor air and represents the basic report on indoor air. First, it describes the study design and the methods used for chemical analysis and statistical evaluation, as far as this is necessary for understanding the report. The description of the results is stratified by groups of substances measured: alkanes, aromatics, halogenated compounds, oxygen-containing compounds, terpenes, aldehydes, and total VOC. For each group of substances, there are texts describing its relevance to environmental hygiene/medicine (as far as possible), its occurrence in indoor air, and significant bivariate results. Tables are presented listing a range of parameters characterising the distributions of measured concentrations of the various VOCs in indoor air for the total population and for defined subpopulations.

Samples were taken over one week using three types of passive sampler (Perkin Elmer Tenax tubes, 3M OVM-3500 and SKC UMEx-100). This made it possible to determine weekly averages under conditions reflecting real room-use patterns and to thus derive the actual exposure of room users over this period. Sampling was carried out in the room in which the child (3 to 14 years of age) normally spends most time over a 24h day. In about 95% of the cases, this was the child's own room, in a good 4% of the cases, the parents' bedroom and in 1% of the cases, another room in the dwelling.

The chemical analyses were carried out by gas chromatography (detection of VOC by FID or mass spectrometer) and HPLC (detection of converted aldehyde hydrazones by diode array detector). The specific sampling rates of the passive samplers as well as important quality assurance measures are described by Ullrich et al. [2006].

Tables Z1 and Z2 summarise the concentrations of alkanes, aromatics, halogenated and oxygen-containing compounds, terpenes, total VOCs, and aldehydes in indoor air from households in Germany with children 3 to 14 years of age, indicating various statistical parameters. Average concentrations (geometric means) in the air in the rooms of children aged 3 to 14 in Germany were 28.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for total alkenes, 36.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for total aromatics, 3.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for total halogenated compounds, 57.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for total oxygen-containing compounds, 33.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for total terpenes, 87.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for total aldehydes, and 0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for TVOC.

For **health assessment** of VOCs in indoor air, the toxicologically based guide values of the ad-hoc working group of the Federal Environment Agency's Indoor Air Hygiene Commission and the highest health authorities of the Federal States were used [UBA 2007]. However, such guide values exist for only a small number of individual compounds and groups of substances. A possible parameter to evaluate the multitude of VOCs present in indoor air is the sum of the concentrations of all individual compounds (total VOC, TVOC). For **hygienic assessment of TVOC concentrations**, the five-stage scheme developed by the above-mentioned ad-hoc working group was used [UBA 2007]. The prerequisite for application of the scheme is that toxicologically based guide values for individual substances or groups of substances are not exceeded.

Indoor air quality was hygienically harmless in 54.8% ($n = 304$) of households, i.e. TVOC levels in indoor air did not exceed 0.3 mg/m^3 and no guide value was exceeded. In 4.7 % ($n = 26$) of all rooms investigated, there was at least one individual substance (toluene, styrene, naphthalene) or one group of substances ($\text{C}_9\text{-C}_{14}$ hydrocarbons; bicyclic terpenes) whose concentration exceeded guide value I (RW I). In another 37.1 % ($n = 206$) of households, TVOC levels were in the range between 0.3 and 1 mg/m^3 . This concentration range is regarded as still hygienically harmless, but at the same time it indicates the need for better airing. TVOC levels between 1 and 3 mg/m^3 were measured in 3.4 % ($n = 19$) of households. These levels must be regarded as critical from the hygienic point of view, i.e. in rooms intended for regular, prolonged occupancy – such as children's rooms – TVOC levels should not exceed this range on a long-term basis. TVOC levels above 3 mg/m^3 were determined in none of the households.

The report also presents values characterising VOC level distributions for different sub-groups. This stratification always covers the characteristics place of residence (western Germany / eastern Germany), area type (urban / suburban / rural), socioeconomic status, migrant status, as well as potential influencing factors for specific substances such as number of smokers in the household, renovation work, use of household chemicals/products.

Regarding **place of residence**, in eastern Germany average concentrations (geometric means) of VOCs measured in indoor air were, in many cases, significantly higher (mainly aldehydes and oxygen-containing compounds; in a few cases, alkanes and terpenes as well as naphthalene and TVOC) than in western Germany, with one exception: on average concentrations of o-xylene were higher in western Germany than in eastern Germany.

Regarding **type of residential area**, households in urban areas had significantly higher average concentrations of a number of VOCs (mainly aldehydes and oxygen-containing compounds, as well as limonene and longifolene). Exceptions include n-propylbenzene and n-tridecane, whose average concentrations were significantly higher in households in rural areas as compared to households in the other types of area. Within the group of alkanes, results were quite different.

Exposures to environmental factors are unevenly distributed among social groups [Seiwert et al. 2008]. This is also evident from VOC levels in children's rooms. For example, for n-octane, benzene, toluene, m-, p-xylene, 1,3,5-trimethyl benzene, total oxygen-containing compounds and propanal, significantly higher average levels in air or larger proportions of values above the determination limit were determined in the homes of families with low **socioeconomic status** as compared to families with higher socioeconomic status. In contrast, the latter had higher average levels of n-pentadecane, total terpenes, α -pinene, β -pinene, δ -3-carene, nonanal and furfural than the homes of families with low socioeconomic status. Significantly lower average levels of n-decane, n-undecane, ethylbenzene, m-, p-xylene, 3-ethyltoluene, 1,2,3-, 1,2,4- and 1,3,5-trimethylbenzene, and 2-phenoxy ethanol were detected in indoor air in the homes of families from a **migrant background** as compared to families with no migrant background. Average levels of limonene and furfural, in contrast, were significantly higher in the homes of families from a migrant background than in the homes of families with no migrant background.

In "**smoker**" households, i.e. households with one or more smokers, average levels of n-octane, benzene, isopropyl benzene, 3-ethyl toluene, almost all (nine out of 15) aldehydes measured, and TVOC in indoor air were significantly higher than in "non-smoker" households.

Households in houses which, according to resident information, had recently undergone **extensive reconstruction** or been **completed**, and households in which the room from which the sample was taken had been renovated in the previous 12 months had significantly higher average levels of a number of VOCs than households where this was not the case.

The use of **body care products** and **household cleaners** in the room in which the sample was taken, and frequent use of **chemical household products** in the home led to significantly higher average levels of a multitude of oxygen-containing compounds. Households that normally use **fragrances and flavourings** had significantly higher average levels of limonene than households that did not. Interestingly, lower average levels of benzene, 1,2,4-trimethylbenzene and isobutanol were determined in rooms in which, according to the subjects, **solvent-containing office supplies** were used

In rooms with **solid-wood furniture**, average levels of α -pinene, β -pinene, δ -3-carene, total terpenes and methylglyoxal were significantly higher than in rooms without such furniture. An opposite picture was seen for the levels of formaldehyde, butanal, the sum of eleven and 15 aldehydes, longifolene as well as TVOC: In rooms with solid-wood furniture, detected average levels of these compounds were significantly lower or the proportion of measurement results above the detection limit was smaller than in rooms without such furniture. In rooms containing much **furniture made of chipboard**, significantly higher formaldehyde levels were detected on average than in rooms with little or no such furniture. Average hexanal levels were significantly higher in rooms whose chipboard furniture was bought after the limitation of formaldehyde emissions from chipboard was introduced.

Samples from rooms fitted with **wooden wall panels, ceiling panels and/or flooring** contained significantly lower average concentrations of a number of aldehydes, limonene, longifolene and TVOC than samples from rooms with no such (solid-)wood panelling / flooring. No correlation was found between the stratification characteristic and average concentrations of α -pinene, β -pinene and δ -3-carene.

In rooms with **linoleum** and/or **cork flooring**, average levels of acetaldehyde were significantly higher and levels of nonanal, decanal and undecanal significantly lower than in rooms without such flooring.

This report describes the quality of indoor air from households in Germany with children 3 to 14 years of age in the period 2003 to 2006 and provides interested experts with an overview of the results of the indoor air part of GerES IV. In future evaluations and publications, the Federal Environment Agency will study, and present outcomes on, e.g., the link between VOC levels in children's rooms and the prevalence of eye, nose and/or throat irritation among the children living in those rooms. The Federal Environment Agency provides the GerES IV data to scientists as public use file.

Tab. S1: VOC in indoor air [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in households with children aged 3 to 14 in Germany (N=555)

[Limit of quantification: $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$]

	n<LOQ	% $\geq$ LOQ	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	CI - GM
Alkanes											
n-Heptane	204	63	<1.0	1.4	12.7	22.8	85.2	414	6.69	2.09	1.88 - 2.31
n-Octane	257	54	<1.0	1.1	4.5	10.3	24.5	69.4	2.97	1.44	1.33 - 1.56
n-Nonane	293	47	<1.0	<1.0	5.2	12.1	20.7	66.4	2.72	1.40	1.29 - 1.52
n-Decane	222	60	<1.0	1.4	8.2	14.9	27.2	108	3.65	1.77	1.62 - 1.94
n-Undecane	220	60	<1.0	1.4	9.8	14.8	24.2	135	3.95	1.84	1.68 - 2.02
n-Dodecane	255	54	<1.0	1.1	4.8	7.9	18.2	186	2.72	1.41	1.31 - 1.52
n-Tridecane	323	42	<1.0	<1.0	2.7	4.2	7.5	44.0	1.59	1.10	1.04 - 1.16
n-Tetradecane	86	85	<1.0	1.7	4.1	5.4	8.7	55.4	2.42	1.83	1.73 - 1.93
n-Pentadecane	204	63	<1.0	1.2	2.7	3.7	5.4	21.1	1.56	1.26	1.20 - 1.32
n-Hexadecane	298	46	<1.0	<1.0	1.9	2.3	3.1	9.7	1.15	1.00	<1.0 - 1.04
n-Heptadecane	427	23	<1.0	<1.0	1.4	2.0	2.8	6.3	<1.0	<1.0	
n-Octadecane	516	7	<1.0	<1.0	<1.0	2.0	2.8	3.5	<1.0	<1.0	
Cyclohexane	152	73	<1.0	2.5	15.6	39.1	65.3	456	9.18	2.87	2.58 - 3.20
Methylcyclohexane	266	52	<1.0	1.1	10.4	26.5	57.9	400	5.86	1.74	1.58 - 1.93
Σ 14 alkanes			11.7	22.3	97.2	158	300	707	46.2	28.2	26.3 - 30.3
Aromatic compounds											
Benzene	137	75	<1.0	1.8	5.7	7.7	11.2	61.0	2.74	1.90	1.78 - 2.04
Toluene	0	100	4.1	13.5	47.2	57.6	92.8	2400	27.2	13.6	12.5 - 14.8
Ethylbenzene	179	68	<1.0	1.4	4.6	6.8	12.4	40.8	2.40	1.59	1.49 - 1.70
m-,p-Xylene	52	91	1.0	3.2	11.1	16.0	30.3	200	5.62	3.30	3.05 - 3.57
o-Xylene	241	57	<1.0	1.2	4.1	5.5	9.1	47.8	1.95	1.33	1.25 - 1.42
m-, o-, p-Xylene			1.8	4.5	15.0	21.2	34.5	248	7.57	4.81	4.48 - 5.16
Isopropylbenzene	516	7	<1.0	<1.0	<1.0	1.3	1.8	3.7	<1.0	<1.0	
n-Propylbenzene	454	18	<1.0	<1.0	1.7	2.6	3.8	14.4	<1.0	<1.0	
Iso- + n-Propylbenzene			1.4	1.4	1.4	2.6	3.6	7.4	1.54	1.48	1.46 - 1.51
2-Ethyltoluene	475	14	<1.0	<1.0	1.6	2.3	3.6	13.6	<1.0	<1.0	
3-Ethyltoluene	341	39	<1.0	<1.0	3.3	5.5	9.6	41.2	1.66	1.10	1.04 - 1.17
4-Ethyltoluene	475	14	<1.0	<1.0	1.4	2.6	4.1	19.7	<1.0	<1.0	
3- + 4-Ethyltoluene			1.4	1.4	5.1	8.3	13.4	60.9	2.64	1.96	1.87 - 2.07
1,2,3-Trimethylbenzene	446	20	<1.0	<1.0	1.9	2.9	4.6	12.3	1.05	<1.0	
1,2,4-Trimethylbenzene	177	68	<1.0	1.5	5.8	10.3	14.9	58.8	2.87	1.69	1.57 - 1.82
1,3,5-Trimethylbenzene	449	19	<1.0	<1.0	1.7	2.9	4.6	24.3	1.07	<1.0	
Styrene	329	41	<1.0	<1.0	2.8	4.8	8.3	32.0	1.57	1.10	1.04 - 1.17
Naphthalene	517	7	<1.0	<1.0	<1.0	1.2	2.8	4.9	<1.0	<1.0	
4-Phenylcyclohexene	555	0									
Σ 16 aromatic compounds			16.2	32.9	88.7	123	218	2430	53.4	36.4	34.2 - 38.6
Halogenated compounds											
1,1,1-Trichloroethane	528	5	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	2.2	14.3	<1.0	<1.0	
Trichloroethene	534	4	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	2.0	64.3	<1.0	<1.0	
Tetrachloroethylene	517	7	<1.0	<1.0	<1.0	1.4	3.4	28.0	<1.0	<1.0	
1,4-Dichlorobenzene	548	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	11.3	<1.0	<1.0	
Σ 4 halogenated compounds			<2.8	<2.8	3.6	5.4	11.5	70.5	3.44	3.07	2.98 - 3.16

Tab. S1ff: VOC in indoor air [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in households with children aged 3 to 14 in Germany (N=555)

[Limit of quantification: $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$]

	n<LOQ	% $\geq$ LOQ	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	CI - GM
Oxygen containing compounds ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
Ethylacetate	12	98	2.3	9.3	47	70.8	170	785	22.4	9.78	8.84 - 10.8
Butylacetate	64	88	<1.0	4.4	18	30.7	63.2	214	8.74	4.11	3.73 - 4.52
1-Methoxy-2-propanol-acetate	426	23	<1.0	<1.0	2.0	3.6	7.5	93.5	1.36	<1.0	
Methylethylketone *	519	6	<7.5	<7.5	<7.5	9.2	18.1	139	<7.5	<7.5	
Methylisobutylketone	407	27	<1.0	<1.0	1.9	2.6	4.5	17.3	1.12	<1.0	
1-Butanol	10	98	2.3	5.4	12.9	17.6	29.1	71.6	6.98	5.35	5.03 - 5.69
Isobutanol **	505	9	<3.5	<3.5	<3.5	4.9	7.9	40.7	<3.5	<3.5	
2-Methoxyethanol	528	5	<1.0	<1.0	<1.0	1.2	1.4	14.1	<1.0	<1.0	
2-Ethoxyethanol	502	10	<1.0	<1.0	<1.0	1.5	2.4	7.1	<1.0	<1.0	
2-Butoxyethanol	215	61	<1.0	1.4	5.8	10.3	23.1	117	2.99	1.65	1.53 - 1.79
2-Butoxyethoxyethanol	374	33	<1.0	<1.0	2.7	6.0	9.6	35.5	1.60	1.03	<1.0 - 1.10
2-Phenoxyethanol	357	36	<1.0	<1.0	2.8	3.7	5.6	11.5	1.28	1.01	<1.0 - 1.06
1-Methoxy-2-Propanol	198	64	<1.0	1.5	5.3	8.4	15.5	86.1	2.95	1.70	1.58 - 1.84
1-Butoxy-2-Propanol	295	47	<1.0	<1.0	7.6	12.8	30.6	126	3.69	1.49	1.36 - 1.63
1-Phenoxy-2-Propanol	544	2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.1	3.1	<1.0	<1.0	
2-Ethyl-1-Hexanol	86	85	<1.0	2.6	7.5	11.4	20.2	67.0	3.91	2.56	2.38 - 2.75
Dipropylenglykol-monobutylether	457	18	<1.0	<1.0	1.6	3.2	8.6	35.0	1.37	<1.0	
Texanol	407	27	<1.0	<1.0	2.0	2.8	5.4	126	1.54	<1.0	
TXIB	227	59	<1.0	1.2	4.0	5.5	10.8	62.1	2.14	1.38	1.29 - 1.47
Σ 19 oxygen containing compounds			27.4	52.8	130	194	281	850	73.4	57.8	54.8 - 60.9
Terpenes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
α -Pinene	8	99	2.2	9.8	47.0	67.6	98.9	800	19.8	9.90	8.96 - 10.9
β -Pinene	240	57	<1.0	1.2	4.2	8.3	16.5	47.8	2.39	1.40	1.31 - 1.51
Limonene	38	93	1.5	11.5	71.4	103	169	400	26.3	10.7	9.52 - 12.1
δ -3-Carene	141	75	<1.0	2.6	14.6	22.7	41.5	336	6.48	2.93	2.65 - 3.24
Longifolene	465	16	<1.0	<1.0	1.3	1.8	2.2	8.0	<1.0	<1.0	
Σ 5 terpenes			7.9	34.8	123	184	264	1220	55.8	33.3	30.5 - 36.3
TVOC¹ (mg/m^3)			0.1	0.3	0.8	1.1	1.5	3.0	0.39	0.29	0.27 - 0.31

Notes:

* = LOQ: $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; ** = LOQ: $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; LOQ = limit of quantification;

TVOC¹ = Total Volatile Organic Compounds: sum of all VOC between n-hexane to n-hexadecane.

n<LOQ = number of values below LOQ; % $\geq$ LOQ = percentage of values above the LOQ;

P10, P50, P90, P95, P98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean;

GM = geometric mean; CI GM = 95%-confidence interval for GM;

values below LOQ are set at LOQ/2 for calculation purposes; no CI GM is given if lower limit of the CI GM and/or GM below LOQ.

Source:

Federal Environment Agency; German Environmental Survey on Children 2003/06 (GerES IV)

Tab. S2: Aldehyde in indoor air [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in households with children aged 3 to 14 in Germany (N=586)

	LOQ	n<LOQ	% $\geq$ LOQ	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	CI - GM
Formaldehyde	1.0	0	100	13.2	23.5	41	47.7	58.3	68.9	25.7	23.3	22.4 - 24.2
Acetaldehyde	2.0	8	99	5.1	15.5	37.2	50.3	60.5	86.3	21.2	14.7	13.7 - 15.7
Propanal	0.2	0	100	1.4	2.5	4.8	6.1	9.2	40.9	3.04	2.54	2.43 - 2.65
Butanal	0.6	4	99	1.1	2.4	5.9	8.1	10	43.2	3.17	2.49	2.35 - 2.63
Pentanal	0.5	7	99	1.5	3.7	7.2	10.6	13.6	28.4	4.28	3.44	3.25 - 3.64
Hexanal	0.3	0	100	4.3	9.8	21.2	30	40.5	81.7	11.9	9.67	9.17 - 10.2
Heptanal	0.7	68	88	<0.7	1.3	2.4	3.0	4.1	9.1	1.48	1.27	1.21 - 1.33
Octanal	0.3	3	99	0.7	1.6	3.2	3.6	4.3	6.8	1.77	1.53	1.46 - 1.60
Nonanal	0.7	0	100	3.3	7.2	12.5	14.7	17.9	30.2	7.72	6.77	6.47 - 7.08
Decanal	0.5	17	97	0.9	2.5	4.8	5.5	6.3	9.9	2.66	2.19	2.07 - 2.32
Undecanal	1.0	327	44	<1.0	<1.0	2.3	3.1	4.9	13.2	1.3	1.06	1.01 - 1.11
Furfural	0.2	21	96	0.4	0.9	2.0	2.8	4.2	19.3	1.18	0.89	0.84 - 0.95
Benzaldehyde	0.5	13	98	1.2	2.9	5.6	6.6	8.4	11.9	3.15	2.62	2.48 - 2.76
Isovaleraldehyde	0.5	384	35	<0.5	<0.5	3.1	3.9	5.2	15.9	1.14	0.61	0.56 - 0.66
Methylglyoxal	1.0	295	50	<1.0	<1.0	14.1	17.8	26.9	54.1	4.66	2.08	1.88 - 2.31
Σ 11 aldehydes (formaldehyde to undecanal)				44.8	75.5	122	155	190	1010	85	76.9	74.3 - 79.6
Σ 15 aldehydes (formaldehyde to methylglyoxal)				53.1	85.5	135	170	208	1020	95.1	87.3	84.6 - 90.1

Notes: LOQ = limit of quantification; n = number of values below the LOQ; % $\geq$ LOQ = percentage of values above the LOQ; P10, P50, P90, P95, P98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean; GM = geometric mean; CI GM = 95%-confidence interval for GM; values below LOQ are set at LOQ/2 for calculation purposes; no CI GM is given if GM and/or lower limit of the CI is below LOQ

Source: Federal Environment Agency; German Environmental Survey on Children 2003/06 (GerES IV)