

Pelletier et al. (2017) betonen im Rahmen von Expositionsabschätzungen Unsicherheitsanalysen durchzuführen. Bei Berechnungen von gasförmigen SVOC kommen sie zu den Ergebnissen, dass die Variabilität der direkten dermalen Aufnahme aus der Luft in erster Linie von der Variabilität bzw. Unsicherheit der Raumluftkonzentrationen abhängt und erst in zweiter Linie von den Unsicherheiten bezüglich der physikalisch-chemischen Parameter (z. B. des Octanol/Luft-Verteilungskoeffizienten).

5.8 Hausstaub als Bewertungsgrundlage

Die Untersuchung von Hausstaub auf Schadstoffe ist seit langem fest etabliert und wird in großem Umfang durchgeführt. Wesentliches Ziel ist dabei, einen ersten Überblick über die Belastungssituation in Innenräumen zu erhalten und eventuell bisher nicht erkannte Quellen oder unerkannte Substanzen auffindig zu machen. Auf der anderen Seite müssen bei der Bewertung der Ergebnisse verschiedene Unsicherheiten berücksichtigt werden, die weiter unten in diesem Kapitel diskutiert werden. In einer umfassenden Übersichtsarbeit von ca. 3000 Artikeln und 355 Chemikalien haben Dong et al. (2019) die prioritär im Hausstaub nachweisbaren Substanzen zusammengestellt. In *Abbildung 7* sind die organischen

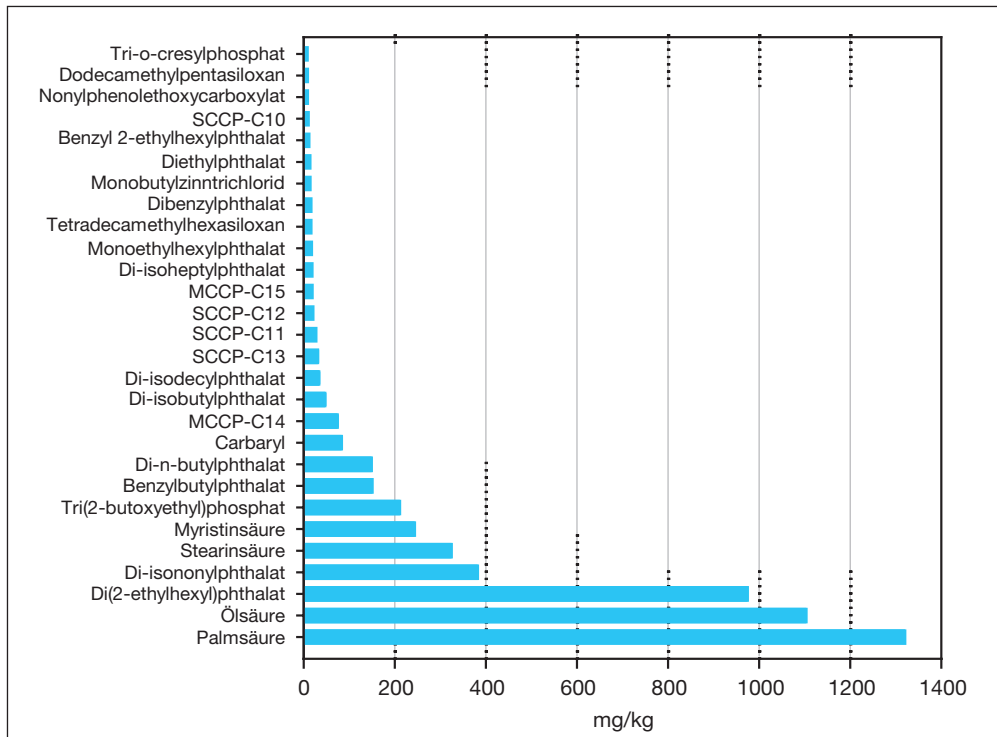


Abb. 7: Rangfolge von organischen Stoffen im Hausstaub (nach Dong et al. 2019) (SCCP: kurzkettige Chlorparaffine; MCCP: mittelkettige Chlorparaffine)

Substanzen mit den höchsten gewichteten Medianen dargestellt. Unter ihnen finden sich neben den Fettsäuren insbesondere Phthalate, Organophosphat-Flammschutzmittel und Chlorierte Paraffine. Auch viele Metalle lassen sich in höheren Gehalten im Hausstaub quantifizieren. In einer Metaanalyse hatten schon Mitro et al. (2016) eine Zusammenstellung der Daten zur Hausstaubbelastung mit 45 prioritären Chemikalien publiziert und neben der oralen Aufnahme, aufgrund der physikochemischen Charakteristika der Einzelsubstanzen, auch die inhalative und dermale Aufnahme quantifiziert. Auch in diesem Fall kam den Phthalate die größte Bedeutung zu.

Obwohl es keine durchgängige Definition des Begriffs Hausstaub gibt, wird heute darunter der Staub verstanden, der sich auf den Oberflächen eines Innenraumes ablagert. Es handelt sich dabei um ein komplexes und sehr heterogenes Gemisch aus Partikeln, einschließlich daran adsorbierter Schadstoffe, verschiedenster natürlicher und anthropogener Quellen. Er stellt somit auch das „Schadstoffgedächtnis“ eines Raumes dar. Hausstaub im Innenraum kann z. B. aus Partikeln des Außenraums (sedimentierter Feinstaub der Luft, eingetragene Bodenpartikel) und aus Verbrennungsprozessen (z. B. aus Küchen und Feuerungsanlagen) bestehen, außerdem aus Fasern von Textilien und Einrichtungsgegenständen, Abrieb von Baumaterialien und Inneneinrichtungen, organischem Material der Raumnutzer (z. B. Haare, Hautschuppen) und biologischem Material wie Pollen, Bakterien, Pilzen und Insekten, bzw. ihren Bestandteilen und Ausscheidungsprodukten. Allerdings können die mengenmäßigen Anteile dieser potenziellen Staubbestandteile erheblich schwanken. So kommen Butte & Walker (1994) bei der Untersuchung von 318 Staubproben zu dem Ergebnis, dass der organische Anteil in den Proben von <5 % bis zu >95 % schwanken kann. In der Zusammenfassung von Studien bis 1998 gehen Oomen & Lijzen (2004) davon aus, dass der Anteil an Bodenpartikeln an der Hausstaubmenge von 8–>80 % betragen kann.

Einen wesentlichen Beitrag zur Staubaufnahme in Innenräumen kommt dem Hand-zu-Mund-Kontakt zu. Er ist Teil des natürlichen Spieltriebs von Kindern und kann bei ihnen einen quantitativen Anteil an der Belastung ausmachen. So zeigen Kinder bis zu einem Alter von 18 Monaten dieses Verhalten im Mittel alle 20 Minuten und 18–36 Monate alte Kinder sogar alle 5 Minuten (Smith & Norris 2003). Ergebnisse zweier Metaanalysen zeigten, dass bei Kleinkindern die Hand-zu-Mund-Frequenz mit 15–26/pro Stunde am höchsten war und bei älteren Kindern dann abnimmt (Xue et al. 2007, 2010). Vor diesem Hintergrund muss besonders im Kleinkind- und Krabbelalter mit einer höheren Hausstaubaufnahme gerechnet werden.

5.8.1 Grundsätzliche Aspekte einer Bewertung von Hausstaub

Eine Abschätzung der Substanzaufnahme und in der Folge möglicher gesundheitlicher Risiken allein aus Hausstaubwerten ist nicht möglich, da vielfältige Unsicherheiten auf verschiedenen Ebenen die Ergebnisse stark beeinflussen. Folgende Faktoren sind hier von Bedeutung:

- Probenahmebedingungen: z. B. von welcher Oberfläche in welchem Raum der Staub genommen wird und mit welchem System. Handelt es sich um gesaugten Alt- oder Neustaub oder wird Staubsaugerbeutelstaub genutzt?
- Analytik: z. B. ob der Staub gesiebt wird oder nur grobe Staubanteile wie Haare entfernt werden. Handelt es sich um eine homogene Probe? Welche Staubfraktion wird letztlich analysiert (2 mm oder 63 μm Fraktion)? Wie wird mit Werten unter der Bestimmungsgrenze umgegangen?
- Die gewählten Expositionsszenarien: Werden Kinder oder Erwachsene, eine einmalige oder längerfristige Aufnahme betrachtet? Werden außergewöhnliche Verhaltensweisen mit ggf. hoher Staubaufnahme berücksichtigt? Welche Aufnahmemenge an Staub wird angenommen?
- Alter und persönliches Verhalten der betrachteten Personengruppe: z. B. Spielverhalten, Häufigkeit der Hand-zu-Mund-Aktivitäten, Aufenthaltszeiten in Innenräumen, persönliche Reinigungsgewohnheiten, Reinigung des Innenraums.
- Aufnahmewege und -bedingungen: z. B. Verhalten der Stoffe im Magen-Darmtrakt. Welcher Anteil wird wirklich resorbiert? Mit welchen toxikologischen Wertsetzungen bzw. gesundheitlichen Endpunkten soll die Aufnahme verglichen werden?

Vor dem Hintergrund der daraus resultierenden großen Varianz der Ergebnisse hält z. B. der Ausschuss für Innenraumrichtwerte eine gesundheitliche Bewertung von Schadstoffgehalt im Hausstaub für nicht möglich. Eine Berücksichtigung im Rahmen der Quellensuche und zur Eingrenzung der Fragestellung kann hingegen sinnvoll sein.

Im Folgenden sollen einige wichtige Eckpunkte der vorgenannten Unsicherheiten näher dargestellt werden.

5.8.2 Aufnahmemengen für Hausstaub

Aufnahmemengen wurden auf der Basis von Tracerstudien unter Verwendung von Stoffen wie Titan, Aluminium, Silicium oder Vanadium abgeschätzt. Es handelt sich dabei um Substanzen, die einerseits im Boden ubiquitär verbreitet sind, aber andererseits nach oraler Zufuhr nicht systemisch aufgenommen und somit vollständig mit den Faeces ausgeschieden werden. Durch Quantifizierung im Boden und in den Faeces kann dann die zugeführte Bodenmenge errechnet werden, wenn andere Quellen für den Tracer (z. B. Titan aus Zahnpasta) sicher ausgeschlossen werden können. In diesem Zusammenhang sind vielfältige Studienergebnisse in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben (z. B. Calabrese et al. 1989, Clausing et al. 1987, Davis et al. 1990, Van Wijnen et al. 1990, Bothe 2004). Weiterhin wurden biokinetische Modelle, z. B. zur Abschätzung der Bodenaufnahmemengen von Blei eingesetzt (Von Lindern et al. 2003). Außerdem wurde die Menge an zugeführtem Bodenmaterial von einigen Autoren über Modellrechnungen unter Berücksichtigung von Parametern wie Partikeladhäsion an Körperoberflächen, Staublast, Ereignisdauer, Kontaktdauer mit Oberflächen, Partikeltransfer von Raumoberflächen auf die Haut etc. berechnet (Özkaynak et al. 2011, Wilson et al. 2013). In verschiedenen Übersichtsarbeiten wurden