

Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Richtlinieneteil Phenol

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Projektleitung: Mag. Dr. M-Tox Maria Uhl, DI Peter Tappler

Autorinnen und Autoren (in alphabetischer Reihenfolge):

Assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter

Dr. Ilse Mauritz

Doz. Dr. Hanns Moshhammer

Univ.-Prof. Dr. Michael Kundi

Dr. Peter Wallner

Mitglieder des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK

Weitere Expertinnen und Experten:

Mag. Dr. MSc Christina Hartmann, DI Felix Twrdik

Wien, 2020. Stand: 22. April 2020

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMK und der Autoren ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Werden Personenbezeichnungen aufgrund der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Vorwort

Die einzelnen Teile der „Richtwerte zur Bewertung der Innenraumluft“ wurden unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellt und definieren Richt- und Referenzkonzentrationen für häufig auftretende Schadstoffe in Innenräumen. Sie legen prinzipielle Vorgangsweisen für Experten fest. Die Teile der Richtlinie werden von Fachleuten aus der Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien, aus Fachabteilungen der Bundesländer, der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA), aus Fachfirmen für Messtechnik sowie privaten Forschungseinrichtungen erstellt und spiegeln die Fachmeinung der im Arbeitskreis vertretenen Expertinnen und Experten wider.

Positionspapiere des Arbeitskreises Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie werden zu aktuellen Themen im Bereich Innenraumklimatologie ausgearbeitet und stellen das jeweilige Thema in kurzer, leicht aktualisierbarer Form dar. Sie haben keinen normativen Charakter und können nach einer Evaluierung auch neu bearbeitet werden. Erweitert werden die Positionspapiere durch Leitfäden, in denen in umfangreicherer Form Informationen bereitgestellt werden.

Beim „Wegweiser für eine gesunde Raumluft“ handelt es sich um eine Konsumentenbroschüre, in der in leicht verständlicher Form Empfehlungen zum Thema gegeben werden.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung sind erschienen:

- Diverse Teile der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft
- Leitfäden (Gerüche in Innenräumen, Schimmel in Innenräumen, technische Bauteiltrocknung)
- Positionspapiere (Luftströmungen in Gebäuden, Schimmel in Innenräumen, Lüftungserfordernisse in Gebäuden, Formaldehyd in Saunaanlagen, technische Bauteiltrocknung, Verbrennungsprozesse und Feuerstellen in Innenräumen, Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten)
- Wegweiser für eine gesunde Raumluft

Alle Publikationen sind auf der Website des BMK zum Download verfügbar.

Inhalt

Vorwort	3
1 Präambel	5
2 Allgemeine Eigenschaften	6
2.1 Chemisch-physikalische Eigenschaften, Allgemeines.....	6
3 Allgemeine Messstrategie, Analytik und Untersuchungsbericht	7
3.1 Messstrategie, Probenahme.....	7
3.2 Analytik	9
3.3 Prüfbericht	10
4 Ableitung des wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerts	11
4.1 Ableitung der Europäischen Arbeitsgruppe	11
4.2 Ergebnis der Literaturrecherche.....	14
4.3 Ableitung des NOAEL	17
4.4 Ableitung des Wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerts anhand des Ableitungsschemas.....	17
5 Richtwert und Beurteilung eines Messwertes	19
Literaturverzeichnis	20

1 Präambel

Die gegenständliche Ableitung eines Wirkungsbezogenen Innenraumrichtwertes (WIR) basiert auf den Grundlagen der Ableitung gesundheitsbasierter Richtwerte für chronische Exposition im Rahmen einer europäischen Experten-Arbeitsgruppe, welche vom Europäischen Forschungszentrum (EU-Joint Research Center) gegründet wurde. Daher kann für die Ableitung des WIR ein verkürztes Verfahren angewendet werden.

Das verkürzte Verfahren besteht darin zu prüfen,

- ob es relevante neue Erkenntnisse seit der Ableitung durch die europäische Arbeitsgruppe gibt, wobei diese Prüfung auf Basis einer systematischen Literaturrecherche für den Zeitraum von ein bis zwei Jahren vor Fertigstellung der Ableitung bis zum aktuellen Zeitpunkt der Behandlung im Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) durchgeführt wird;
- ob im Lichte der in dieser Recherche ermittelten Daten die Basis der Ableitung durch die europäische Arbeitsgruppe aufrechterhalten werden kann;
- welche analytischen Methoden dem Stand der Technik entsprechen;
- sowie eine Ableitung eines wirkungsbezogenen Innenraumluftrichtwertes (WIR) auf Basis des Startpunktes der europäischen Ableitung (Point of Departure POD), da ein unterschiedliches Ableitungsschema angewendet wird.

Der Arbeitskreis Innenraumluft im BMK spricht daher in Bezug auf die Substanz Phenol folgende allgemeingültige Empfehlungen aus, die sich am Stand der Technik orientieren.

2 Allgemeine Eigenschaften

2.1 Chemisch-physikalische Eigenschaften, Allgemeines

Systematischer Name: Phenol

Synonyme: Carbol, Hydroxybenzol, Benzolol,

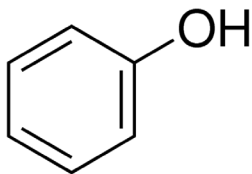
CLP-Index-Nr.: 604-001-00-2

EG-Nummer: 203-632-7

CAS-Nummer: 108-95-2

Summenformel: C₆H₆O

Strukturformel:



Molekulargewicht: 94,11 g/mol

Schmelzpunkt: 40,89 °C

Siedepunkt: 181,87 °C

Dichte: 1,132 g/cm³ (25°C)

Dampfdruck: 0,35 mmHg

Wasserlöslichkeit: 84 g/l (20°C)

Verteilungskoeffizient lg K_{Octanol/Wasser}: 1,46

Umrechnung (bei 23 °C): 1 ppm = 3,873 mg/m³

Einstufung gemäß EU-CLP-Verordnung (EG Nr. 1272/2008):

H301: Acute Tox. 3 (oral)

H311: Acute Tox. 3 (dermal)

H331: Acute Tox. 3 (inhal.)

H314: Skin Corr. 1B

H341: Muta. 2

H373: STOT RE 2

3 Allgemeine Messstrategie, Analytik und Untersuchungsbericht

3.1 Messstrategie, Probenahme

Messungen der Konzentration an Phenol in der Innenraumluft erfolgen im Allgemeinen mittels Kurzzeitprobenahme (z.B. 30 Minuten). Die Messplanung und Probenahme-strategie gestaltet sich in Anlehnung an ÖNORM EN ISO 16000-5¹. Erfolgen die Messungen mit dem Ziel der Überprüfung der Einhaltung des in Kapitel 4.4 abgeleiteten Wirkungs-bezogenen Innenraumrichtwertes (WIR), so hat die Probenahmedauer dem Beurteilungs-zeitraum des WIR (30 Minuten) zu entsprechen. Abweichungen davon sind nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig.

Referenzverfahren für die Probenahme ist die Sammlung der Substanz mittels Tenax mit anschließender Thermodesorption nach DIN ISO 16000-6² und entsprechender GC/MS-Analytik.

Informationen über den zeitlichen Verlauf oder die Ermittlung von örtlichen Konzentra-tionsunterschieden (Hinweise auf Quellen) können bei hohen Konzentrationen an Phenol über Messungen mit anderen Methoden, z.B. einem direkt anzeigenden Detektor auf Basis der Photoionisation (PID) gewonnen werden. Die Anwendung derartiger Methoden ist nur nach vorheriger Kenntnis des Spektrums an VOC unter Identifizierung und Quantifizierung der Einzelsubstanzen mittels des Referenzverfahrens möglich, wobei sicher gestellt sein muss, dass das Verhältnis der Konzentrationen der einzelnen VOC zueinander zeitlich konstant ist.

Eine maßgebliche Beeinflussung des Messergebnisses bei Kurzzeitprobenahmen ist unter Umständen durch die aktuell herrschenden Außenklimaparameter gegeben, die je nach

¹ ÖNORM EN ISO 16000-5 (2007): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). 2007 06 01

² DIN ISO 16000-6 (2012): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID. 2012 11

Außentemperatur und Windgeschwindigkeit zu stark unterschiedlichem Luftwechsel führen können.

Neben den in „Allgemeiner Teil“ sowie im Teil „VOC – Allgemeiner Teil“ der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft behandelten Fragen in Bezug auf die Messstrategie sind noch folgende Punkte zu beachten:

- Vor der Probenahme sollte der Raum über Fenster gelüftet werden. Anschließend darf der Raum über einen Zeitraum von mindestens 8 Stunden nicht gelüftet werden, dann kann die Probenahme erfolgen. Außentüren und Fenster müssen in der Vorbereitungszeit und während der Probenahme verschlossen bleiben, Fenster- und Türfugen sollten jedoch nicht abgeklebt werden. Die Raumtemperatur sollte sich im üblichen Bereich (20 bis 23°C) bewegen. Innentüren sind in der Regel ebenfalls geschlossen zu halten, begründete Ausnahmen davon sind jedoch möglich. Türen können kurz geöffnet werden, um z.B. den Raum zu betreten oder ihn zu verlassen, sie sind jedoch unmittelbar darauf wieder zu schließen.
- Sollte in den Räumen ein definiertes Lüftungsregime für die Fensterlüftung gelten (bspw. in Büroräumen oder Schul- und Unterrichtsräumen), kann der Zeitraum für den gesamten Messvorgang verkürzt werden (bspw. auf eine oder wenige Stunden). Hierbei ist festzustellen, ob eine regelmäßige Lüftung nach diesen Zeiträumen tatsächlich stattfindet bzw. ob Lüftungsanweisungen existieren, die auch in der Praxis befolgt werden. Die Probenahme erfolgt in der letzten halben Stunde des Zeitraumes, in dem üblicherweise keine Lüftung über Fenster stattfindet.
- Die Windgeschwindigkeit im Außenbereich sollte die Kategorie 3 nach Beaufort (Bereich 3,6 - 5,4 m/s, entspricht „Schwache Brise“ – Blätter und dünne Zweige bewegen sich) nicht überschreiten.
- In Räumen mit raumlufttechnischen Anlagen ist die Anlage unter dem für den Nutzer ungünstigsten, jedoch realistischen Betriebszustand zu betreiben (niedriger Luftwechsel). Ist dies nicht bekannt, ist die niedrigste für den Normalbetrieb vorgesehene Lüftungsstufe zu wählen.
- Die Benutzer des Raumes müssen darauf hingewiesen werden, dass in einem Zeitraum von etwa einer Woche vor der Messung bis zur Messung keine lösungsmittelhaltigen Produkte (z.B. Lösungsmittel, Klebstoffe) verwendet werden dürfen (außer es soll der Einfluss dieser Produkte erfasst werden).
- Je nach den lokalen Bedingungen können zusätzlich Messungen der Außenluft, Messungen in anliegenden Arbeitsräumen (z.B. den Betriebsräumen eines Betriebes,

in dem Phenol als Arbeitsstoff verwendet wird) oder an anderen relevanten Messorten durchgeführt werden.

- Die Auswahl der Räume richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und der Raumnutzung. Es sollen Räume untersucht werden, die dem langdauernden Aufenthalt von Personen dienen (z.B. Wohnräume, Schlafräume, Büros, Schulräume, Gruppenräume von Kindergärten).
- Zur Beurteilung einer möglichen Immissionsbelastung durch Betriebe, in denen Phenol als Arbeitsstoff eingesetzt oder emittiert wird, ist wenn möglich auch in den Betriebsräumlichkeiten zu messen. Es ist zu gewährleisten, dass sich die Anlagen in normalem Betrieb befinden.

3.2 Analytik

Es wird auf die Ausführungen im Kapitel Analytik in „Allgemeiner Teil“ sowie im Teil „VOC – Allgemeiner Teil“ der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft verwiesen.

Die Analyse der Proben wird im Labor unter Anwendung eines gaschromatographischen Analysenverfahrens vorgenommen. Referenzverfahren für die Probenahme ist die Sammlung der Substanz auf Tenax mit anschließender Thermodesorption und entsprechender GC/MS-Analytik nach DIN ISO 16000-6 (siehe auch Kapitel 3.1). Die Bestimmungsgrenze des gesamten Verfahrens darf den Wert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten.

Die Anforderungen an ein allfällig zu wählendes Äquivalenzverfahren in Bezug auf Phenol sind folgende:

- Die Bestimmungsgrenze des gesamten Verfahrens darf den Wert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten. Das Verfahren muss die interessierende Substanz spezifisch anzeigen und keine Querempfindlichkeiten aufweisen.
- Die relative Standardunsicherheit (Standardunsicherheit oder kombinierte Standardunsicherheit mal 100 dividiert durch den Mittelwert der Messwerte) darf 10 % nicht überschreiten.

3.3 Prüfbericht

Der Prüfbericht hat die in „Allgemeiner Teil“ sowie im Teil „VOC – Allgemeiner Teil“ der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft behandelten Punkte zu enthalten.

4 Ableitung des wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerts

4.1 Ableitung der Europäischen Arbeitsgruppe

Das Ableitungsprinzip der europäischen Arbeitsgruppe ist im ECA-Report Nr. 29 dargelegt (JRC 2013). Vereinfacht dargestellt, werden europäische, nationale und internationale Bewertungen gegenübergestellt und zusätzlich relevante aktuelle Literatur geprüft. Basierend darauf wird die relevanteste Studie hinsichtlich gesundheitlicher Effekte nach chronischer inhalativer Exposition ermittelt. Durch Anwendung der Bewertungsfaktoren gemäß REACH Leitfaden R8 (ECHA 2012) wird eine sichere Konzentration abgeleitet. Diese Ableitung wird durch die Erstellung eines sogenannten LCI-Fact-Sheets dokumentiert und begründet.

Als Schlüsselstudie für die Ableitung zu Phenol wurde eine Tierstudie (Affen, Ratten und Mäuse; Exposition 24 Stunden, 7 Tage/Woche, 90 Tage) herangezogen. Basierend auf Veränderung in der Organpathologie von Leber und Niere konnte ein NOAEC³ (Konzentration bei welcher keine Effekte gefunden werden konnte) von 4,72 ppm abgeleitet werden.

Folgende Bewertungsfaktoren wurden für Phenol angewendet:

- Aufgrund kontinuierlicher Exposition im Tierversuch (24h, 7d/w) ist keine zeitliche Anpassung notwendig. Faktor: 1
- Extrapolation subchronisch → chronisch, Faktor: 2
- Interspezies Toxikodynamik-Faktor: 2,5
- Intraspezies-Faktor: 10
- LOAEC→NOAEC Faktor: 1
- Zusätzlicher Faktor: 5 (Qualität der Datenbasis)

³ NOAEC: No Observable Adverse Effect Concentration

Der Gesamtextrapulationsfaktor beträgt damit 250. Daraus ergibt sich bei linearer Umrechnung eine Konzentration von 18,9 ppb (73,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und gerundet 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Begründung (Auszug LCI-Fact Sheet)

Phenol wird sowohl gut über den Atem- und Magendarmtrakt als auch über die Haut aufgenommen. Versuchspersonen, welche Phenol-Konzentrationen von 6-20 mg/m^3 in der Atemluft ausgesetzt waren, absorbierten 60-88 % der Substanz (ECB 2006). Basierend auf Humanstudien kann angenommen werden, dass die Aufnahme über die Haut etwa die Hälfte der Absorption über die Lunge beträgt. Die Halbwertszeit nach inhalativer Aufnahme beträgt etwa 3,5 Stunden (RIVM 2001).

Zu Effekten nach chronischer Exposition im Menschen ist nur wenig bekannt. Es wurde über Verringerung der Spontanaktivität, Muskelschwäche, Schmerzen und Beeinträchtigung der kognitiven Fähigkeiten berichtet. Effekte, die in Tierversuchen auftraten sind Beeinträchtigungen des Nervensystems darunter Zuckungen, Zittern, Krämpfe, reduzierte Aktivität, Verlust der Koordination, Lähmungen und eine Verringerung der Körpertemperatur.

Mutagenitätstests mit Säugerzellen ergaben schwach positive Ergebnisse. Der Kleinkerntest in Knochenmarkszellen in Mäusen (in vivo) war, wie auch Chromosomenaberrationstests in Ratten, ebenfalls schwach positiv. Diese Effekte traten bei hohen Konzentrationen, nahe der maximal verträglichen Konzentration, auf. Phenol wurde daher als Mutagen der Kategorie 2 eingestuft. Aufgrund der unzureichenden Daten- bzw. Beweislage ist Phenol nicht als Kanzerogen eingestuft (Klasse 3; IARC 1999).

Die Schlüsselstudie, welche sowohl für die Ableitung des LCI- Wertes, als auch vom SCOEL zur Ableitung des OEL herangezogen wurde, ist eine Tierstudie (Sandage et al.1961; SCOEL 2003). In dieser Studie wurden 50 Ratten, 100 Mäuse und 10 Affen (alle männlich) einer Konzentration von 0 ppm (Kontrolle) oder 4,72 ppm kontinuierlich (24h/d, 7 d/Woche) über einen Zeitraum von 90 Tagen ausgesetzt. In diesem Zeitraum konnte laut Studienautoren keine signifikante systemische Toxizität in den verschiedenen Spezies beobachtet werden. Lokale Effekte wurden in der Studie nicht evaluiert. Hämatologische und histologische Untersuchungen wurden nur für eine eingeschränkte Anzahl von Tieren durchgeführt. Die Signifikanz der beobachteten pathologischen Veränderungen (Leberschäden in 30% der Mäuse, Nierenschäden in 10-20% der Ratten und Affen, Lungenschäden in Mäusen) ist kontrovers diskutiert. Während die Studienautoren von

einem negativen pathologischen Resultat ausgehen, ist für eine Evaluierung eine gewisse Unsicherheit aufgrund mangelnder Dokumentation der pathologischen Daten anzunehmen. Die Expositionskonzentration von 4,72 ppm wurde gemäß der Interpretation des Studienautoren als NOAEC definiert. Mangelhafte Dokumentation sowie eingeschränkte Untersuchungen und die damit verbundenen Unsicherheiten wurden in Form eines zusätzlichen Sicherheitsfaktors berücksichtigt (Qualität der Datenbasis).

Unterstützend zu der oben beschriebenen Studie wurden zwei weitere Tierstudien mit kürzerer Expositionsdauer genauer betrachtet. In einem „weight of evidence approach“ konnte, basierend auf den Ergebnissen von Sandage et al. (1961) und den Studien von Dalin et al. (1974) und Hoffman et al. (2001), die Lebertoxizität als der relevante toxikologische Effekt definiert werden. Während von Sandage et al. (1961) ein NOAEC von 4,72 ppm definiert wurde, kann von der subakuten Studie (Dalin et al. 1974) mit einer Gesamtexpositionsdauer von 15 Tagen (Ratten, kontinuierliche Exposition) basierend auf veränderter Ausschüttung von Leberenzymen (LDH, GOT, GPT und GLDH) ein LOAEL von 26 ppm abgeleitet werden. Organpathologie wurde nicht dokumentiert. In einer weiteren sehr gut dokumentierten subakuten Studie mit einer Gesamtexpositionsdauer von 14 Tagen (F344 Ratten, 5 d/Woche, 6 h/d) (Hoffman et al. 2001), die spezielles Augenmerk auf Effekte im Atemtrakt legte, wurde ein NOAEC von 25 ppm definiert. Auch in der verfügbaren Humanstudie (Shamy et al. 1994) ist Lebertoxizität als Konsequenz der Langzeitexposition zu erkennen.

Eine Ableitung basierend auf der Arbeitsplatzstudie von Shamy (1994) wurde von der LCI-Arbeitsgruppe abgelehnt, da Effekte aufgrund einer möglichen Ko-Exposition gegenüber anderen Chemikalien nicht ausgeschlossen werden konnten und die Exposition der Arbeiter im Allgemeinen schlecht dokumentiert ist.

Die Toxizität von Phenol ist vermutlich das Resultat einer Überladung des metabolischen Abbauweges. Kurzzeitstudien mit unterbrochener Exposition sind daher nur von geringer Bedeutung für die Abschätzung von Effekten nach Langzeitexposition im Menschen. Für die Ableitung des LCI-Wertes wurde daher eine NOAEC von 4.72 ppm (Sandage 1961) als POD (point of departure, Startpunkt für die Ableitung) gewählt.

Gemäß den Bewertungsfaktoren im REACH Leitfaden R.8 (ECHA 2012) wurden Interspeziesunterschiede (Variationen zwischen den Spezies) mit einem Faktor von 2,5 und Intraspeziesunterschiede (Variationen innerhalb der Spezies) mit einem Faktor von 10 berücksichtigt. Die Unsicherheit in der Extrapolation der Daten aus einer subchronischen

Studie für die Ableitung von Effekten nach chronischer Exposition wurde durch die Anwendung eines Sicherheitsfaktors von 2 berücksichtigt. Für die Qualität der Daten wurde ein zusätzlicher Faktor von 5 angewendet (mangelhafte Dokumentation, eingeschränkte Untersuchungen).

Das detaillierte EU-LCI fact sheet kann auf der homepage der Europäischen Kommission (DG Growth) eingesehen werden⁴.

4.2 Ergebnis der Literaturrecherche

Die europäische Arbeitsgruppe berücksichtigte die wissenschaftliche Literatur bis 2011. Die hier durchgeführte Literaturrecherche umfasst den Zeitraum von 01/2012 bis 01/2018 und wurde in PubMed⁵ mit den Schlagwörtern „phenol inhalation“ und „phenol 108-95-2 inhalation“ durchgeführt. Die Recherche ergab 12 Artikel, wovon nach Überprüfung der Abstracts insgesamt 10 Artikel ausgeschlossen wurden. Die verbleibenden Artikel wurden vollständig überprüft. Insgesamt wurden schließlich 2 Artikel in die Untersuchung eingeschlossen (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 1).

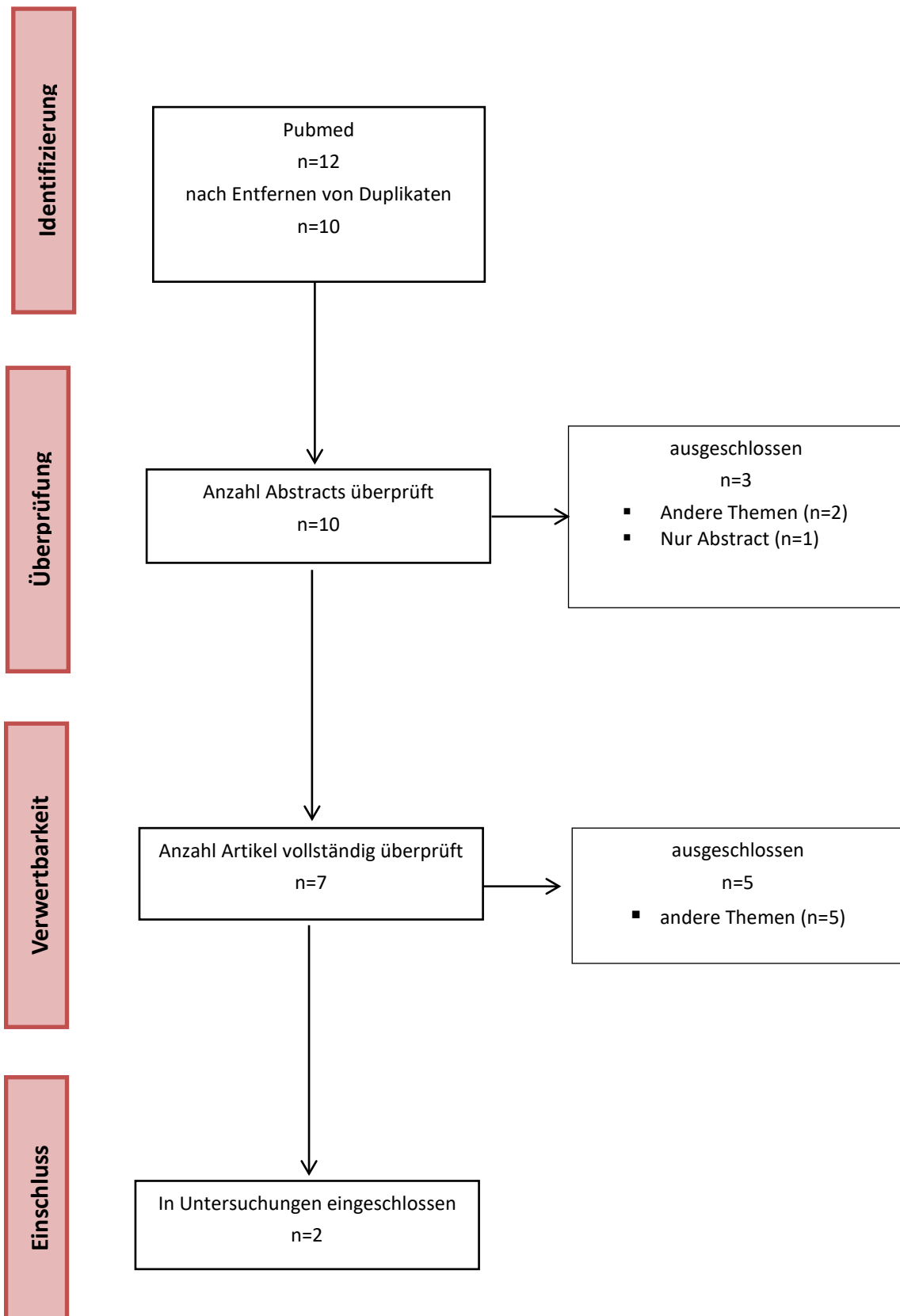
Tabelle 1: Zusammenstellung der Hauptergebnisse der betrachteten Studien

Studie	Hauptergebnis
Becerro de Bengoa Vallejo et al. (2012)	Phenolbelastung im Harn nach Exposition mit 90% Phenoldampf für 20 min während phenol-basierter chemischer Matrixektomie bei Medizinern: Maximalkonzentration: 10 mg/l (innerhalb 2 Stunden); Absenkung um ca. 1 mg/l alle 2 Stunden (innerhalb von 10 Stunden); 3 mg/l Phenolkonzentration nach 72 Stunden. Keine Grenzwertüberschreitungen
Nowak et al. (2016)	Untersuchung der Zytotoxizität von Phenol in der Hühner-Zell-Linie LMH; nach 72h dosisabhängige Hemmung des Zellwachstums; ein LC50-Wert konnte nicht abgeleitet werden

⁴ ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_en

⁵ ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/

Abbildung 1: Schema der Literaturrecherche und Einschluss von relevanten Publikationen



Becerro de Bengoa Vallejo et al. (2012) untersuchten die Phenolbelastung bei Medizinerinnen, die während der Behandlung von eingewachsenen Fußnägeln mittels phenol-basierter chemischer Matrixektomie gegenüber Phenol exponiert waren. Dabei wurden die Phenolkonzentrationen im Harn bestimmt. Die höchste Phenolkonzentration im Harn von 10 mg/l wurde innerhalb der ersten zwei Stunden nach der Exposition nachgewiesen. Innerhalb der ersten zehn Stunden nach der Phenolexposition erfolgte eine Konzentrationsabsenkung um ca. 1 mg/l alle zwei Stunden. Nach 72 Stunden lag die Konzentration bei 3 mg/l. Die Autoren gaben an, dass kein Risiko im Zusammenhang mit der Phenolexposition sowie keine Überschreitungen der Arbeitsplatz-Grenzwerte bei einer Exposition mit 90 % Phenoldampf über einen Zeitraum von 20 Minuten vorlagen.

Nowak et al. (2016) untersuchten die Zytotoxizität der häufigsten flüchtigen Bestandteile von Geflügeldung – unter anderem Phenol. Dazu wurde die Hühnerleber-Karzinom-Zelllinie LMH mit einer Phenolkonzentration von 0.0004% bis 0.1% für 24, 48 bzw. 72 h inkubiert. Nach 24 h konnte keine Zytotoxizität beobachtet werden. Eine 72-stündige Inkubation mit Konzentrationen über 0,0125% resultierte aber in einer dosisabhängigen Hemmung des Zellwachstums. Basierend auf diesen Dosis-Wirkungs-Daten konnte aber kein LC50-Wert für Phenol abgeleitet werden.

Eine von Akdeniz et al. (2013) durchgeführte Studie wurde vorläufig nicht in die Evaluierung miteinbezogen, da es sich auch hier um eine Exposition gegenüber einer VOC-Mischung handelt. Innerhalb dieser Studie wurde das Gesundheitsrisiko durch eine Arbeitsplatzexposition mit insgesamt acht gefährlichen VOCs (inkl. Phenol), die in Schweineställen emittiert werden, mittels Monte-Carlo-Simulation untersucht, um die Emissionsraten sowie das Krebs- und Gesundheitsrisiko zu identifizieren. Die untersuchten VOCs (inkl. Phenol) überschritten nicht die entsprechenden empfohlenen Expositionslimits (REL), allerdings war das berechnete kumulative Krebsrisiko (Unit Risk) deutlich erhöht. Die höchste Belastung führte zu einem kumulativen Krebsrisiko von 16,6 auf 10^{-6} , und einem „hazard-risk“ von 11342 auf 10^{-6} .

Die deutsche Ad-hoc Arbeitsgruppe (jetzt Ausschuss für Innenraumrichtwerte AIR) leitete Richtwerte für bicyclische Terpene ab (Sagunski und Heinzow). Bei Überschreitung von Richtwert II von $0,2 \text{ mg/m}^3$ besteht unverzüglich Handlungsbedarf, da nach Ansicht der Ad-hoc Arbeitsgruppe bei Daueraufenthalt in diesen Räumen eine gesundheitliche Gefährdung vorläge. Bei Überschreitung von Richtwert I von $0,02 \text{ mg/m}^3$ sind laut Ad-hoc Arbeitsgruppe bei lebenslanger Exposition allein durch den Luftpfad gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht auszuschließen. Eine Überschreitung des Richtwertes I ist nach

Ansicht der Ad-hoc Arbeitsgruppe mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

4.3 Ableitung des NOAEL

Ausgangspunkt für das österreichische Ableitungsschemas des Wirkstoffbezogenen Innenraumrichtwerts (WIR) ist der NOAEL. In der Tierstudie von Sandage et al. (1961) welche sowohl von der EU-LCI-Arbeitsgruppe als auch von der SCOEL-Arbeitsgruppe zur Ableitung des OEL herangezogen wurde, konnte ein NOAEC von 4,72 ppm als POD („point of departure“) identifiziert werden. Dieser NOAEC wird durch Anwendung eines Bewertungsfaktors (siehe unten) wie im Schema des österreichischen Arbeitskreises Innenraumluft im BMK vorgesehen, angepasst.

4.4 Ableitung des Wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerts anhand des Ableitungsschemas

Die vom österreichischen Arbeitskreis Innenraumluft verwendeten Bewertungsfaktoren werden wie folgt angewendet

- Umrechnung auf Dauereexposition: subchronisch → chronisch, Faktor: 2
- Interspezies-Faktor (Variationen zwischen den Spezies): 10
- Intraspezies-Faktor (Variationen innerhalb der Spezies): 10
- Qualität der Daten (Studie mit mangelhafter Dokumentation, eingeschränkte Untersuchungen): 5

Der Gesamtextrapolationsfaktor beträgt damit 1000. Daraus ergibt sich bei linearer Umrechnung ein Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (WIR) von 4,72 ppb (18,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und gerundet 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die deutsche Ad-hoc Arbeitsgruppe (jetzt Ausschuss für Innenraumrichtwerte AIR) gab 0,022 mg/m^3 als Geruchswahrnehmungsschwelle ODT_{50} an (Ad-hoc Arbeitsgruppe 2014). Eine Konzentration in der Höhe der sechsfachen Geruchswahrnehmungsschwelle ODT_{50} wird in der Publikation als vorläufiger Geruchsleitwert I (vGLW I) bezeichnet. Eine unter bestimmten Nutzungs- und Lüftungsbedingungen vorliegende Konzentration eines

Geruchstoffs in der Innenraumlufte oberhalb der 6-fachen ODT₅₀ (vGLW I) wird als „geruchlich auffällig“ eingestuft. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe ging davon aus, dass eine Konzentration oberhalb von 6 ODT₅₀ in der Innenraumlufte geruchlich wahrnehmbar sein kann und möglicherweise als belästigend empfunden wird. Die Konzentration des 48-fachen ODT₅₀ wurde als vorläufiger Geruchsleitwert II (vGLW II) bezeichnet. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe ging davon aus, dass eine Konzentration oberhalb von 48 ODT₅₀ geruchlich deutlich wahrgenommen und in der Regel als belästigend oder auch erheblich belästigend empfunden wird.

In Tabelle 2 werden die vorläufigen Geruchsleitwerte– abweichend von der Original-literatur (Ad-hoc Arbeitsgruppe 2014) – in der Einheit µg/m³ angegeben und auf zwei signifikante Stellen gerundet.

Tabelle 2: Geruchswahrnehmungsschwellen und Geruchsleitwerte

Substanz	Geruchswahrnehmungsschwelle ODT ₅₀	Vorläufiger Geruchsleitwert I (vGLW I)	Vorläufiger Geruchsleitwert II (vGLW II)
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
Phenol	22	130	1.100

5 Richtwert und Beurteilung eines Messwertes

Auf Basis der in den Kapitel 4.3 und 4.4 dargelegten Ableitung wird der Wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR) auf ein Halbstundenmittel von 20 µg Phenol/m³ festgelegt.

Tabelle 3: Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (WIR) und wesentlicher Endpunkt

Stoffname	Beurteilungszeitraum	Richtwert (WIR)	Wesentlicher Endpunkt
Phenol	Halbstunden-Mittelwert	20 µg/m ³	Lebertoxizität

Zur Beurteilung der Situation in einem Innenraum sind Halbstunden-Mittelwerte unter den ungünstigsten noch realistischen Bedingungen heranzuziehen. Wenn der Richtwert überschritten wird, sind Maßnahmen einzuleiten, die nach dem heutigen Stand der Technik geeignet sind, eine Reduktion der Raumlufkonzentration von Phenol herbeizuführen. Es können Maßnahmen in den betroffenen Innenräumen selbst oder in der Umgebung des betroffenen Raumes notwendig werden.

Liegt eine Überschreitung des Richtwertes vor, so wird empfohlen, mehrere hintereinander folgende Messungen in ausreichendem zeitlichen Abstand durchzuführen, um den Verlauf der Konzentration zu bestimmen. Daraus ist abzuschätzen, ob und in welchem Zeitraum die Konzentration unter den Richtwert absinken wird. Sollte sich keine Tendenz zeigen, die eine Unterschreitung des Richtwertes innerhalb absehbarer Zeit erwarten lässt, dann sind (weitere) Sanierungsmaßnahmen einzuleiten, um den Wert unter den Richtwert zu senken. Unabhängig davon sind den Bewohnern Empfehlungen hinsichtlich belastungsmindernder Maßnahmen (z.B. Lüften) mitzuteilen.

Literaturverzeichnis

Ad-hoc-Arbeitsgruppe (2011): Richtwerte für Phenol in der Innenraumluft. Mitteilung der Ad-hoc-Arbeits-gruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsblatt 54: 1262-1268.

Ad-hoc Arbeitsgruppe (2014): Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten. Entwurf der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden zur öffentlichen Diskussion bis Ende Dezember 2015 Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 47: 148-153

Akdeniz N, Lacobson L.D, Hetchler BP (2013): Health risk assessment of occupational exposure to hazardous volatile organic compounds in swine gestation, farrowing and nursery barns. Environ Sci Process Impacts 15(3): 563-572.

Becerro de Bengoa Vallejo, R, Losa Inglesias, ME, Jules, KT, Trepal MJ (2012): Renal excretion of phenol from physicians after nail matrix phenolization: an observational prospective study. J Europ Acad Dermatol Venereol 26: 344-347.

ATSDR (2008): Toxicological profile for phenol. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service.
[atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp115.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp115.pdf)

BGIA (2017): Institut für Arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung Gestis, Stoffdatenbank biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0

CMA (1998): Two-week (ten day) inhalation toxicity and two-week recovery study of phenol vapor in the rat. Study Nr. 96-6107, CMA Reference No. PHL-4.0-Inhal-HLS, Chemical Manufacturers Association, Phenol Panel, Arlington, VA 22209.

Dalin NM, Kristofferson R (1974): Physiological effects of a sublethal concentration of inhaled phenol on the rat. Ann Zool Fennici 11: 193-199

ECB (2006): Phenol. European Union Risk Assessment Report. Revised Edition. European Chemicals Bureau, Joint Research Center, Ispra. European Commission. Vol. 64.
esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/risk_assesement/REPORT/phenolreport060.pdf

SCOEL (2003): Recommendation from the Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits for Phenol. European Commission. SCOEL/SUM/16

ECHA (2012): Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health.

EFSA (2008): Flavouring group evaluation 88. Consideration of phenol and phenol derivatives evaluated by JECFA (55th meeting). Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials

Hoffman GM, Dunn BJ, Morris CR, Butala JH, Dimond SS, Gingell R, Waechter JM (2001): Two-Week (Ten-Day) Inhalation Toxicity and Two-Week Recovery Study of Phenol Vapor in the Rat International Journal of Toxicology, 20:45–52. Corresponding study report: CMA (1998) Two-week (ten day) inhalation toxicity and two-week recovery study of phenol vapor in the rat. Study Nr. 96-6107, CMA Reference No. PHL-4.0-Inhal-HLS, Chemical Manufacturers Association, Phenol Panel, Arlington, VA 22209.

IARC (1999a): Phenol. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 71:749-768. International Agency for Research on Cancer, Lyon

IARC (1999b): Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide. Chapter Phenol.

IARC (1999c): Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 71: 749-768

JRC (2013): Report No 29. Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept.
publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83683/eca%20report%2029_final.pdf

Nagata (2003): Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method. Odor measurement review. Office of Odor, Noise and Vibration, Environmental Management Bureau, Ministry of Environment, Tokyo, Japan: 118-127

Nowak A, Matusiak K, Borowski S, Bakula T, Opaliński S, Kołacz R, Gutarowska B (2016): Cytotoxicity of Odorous Compounds from Poultry Manure. Int J Environ Res Public Health. 2016 Nov; 13(11): 1046. [ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5129256/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5129256/)

RIVM (2001): Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. RIVM report 711 701 025

Sandage C (1961): Tolerance criteria for continuous inhalation exposure to toxic material. I. Effects on animals of 90-day exposure to phenol, CCl₄, and a mixture of indole, skatole, H₂S and methyl mercaptan. Wright-Patterson Air Force Base, OH. U.S. Air Force systems command, Aeronautical Systems Division. ASD technical report 61-519(I)

Shamy MY, El Gazzar RM, El Sayed MA, Attia AM (1994): Study of some biochemical changes among workers occupationally exposed to phenol, alone or in combination with other organic solvents. Industr Health 32: 207-214

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie**

Abteilung VII/11, Stubenbastei 5, 1010 Wien

+43 1 711 00-612119

vii@bmk.gv.at

bmk.gv.at