

Professor Dr. Ulrich Ewers

**Sachverständiger für Toxikologie und
Umwelthygiene**

45239 Essen, den 25.11.2019

Graf-Luckner-Höhe 17

Telefon 0201 - 40 48 77

ulrich.ewers@live.de

Umweltmedizinisch-toxikologische Bewertung der n-Hexan- Immissionen im Umfeld von Extraktionsölmühlen

Im Zusammenhang mit der geplanten Festlegung eines Emissionsgrenzwertes für n-Hexan beauftragte der Verband der Ölsaaten verarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID) den Unterzeichner, zu folgenden Fragen Stellung zu nehmen:

1. Welche toxischen Eigenschaften hat n-Hexan?
2. Betreiber von Extraktionsölmühlen möchten sicherstellen, dass kein Gesundheitsgefahren und keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch n-Hexan im Umfeld der Betriebe zu besorgen sind. Welche Konzentration in der Umgebungsluft muss hierfür unterschritten werden?
3. Wie verhält sich n-Hexan nach Emission in die Atmosphäre? Kann von einem Verdünnungseffekt ausgegangen werden?
4. Wie lässt sich feststellen, dass bestimmte Konzentrationen an n-Hexan in der Nachbarschaft der Ölmühlen unterschritten werden? Ist eine Ausbreitungsrechnung geeignet, die Konzentration an n-Hexan in der Nachbarschaft der Ölmühlen abzuschätzen?
5. Könnte aus umweltmedizinisch-toxikologischer Sicht auf eine Begrenzung gefasster n-Hexan-Emissionen verzichtet werden, wenn eine gleichwertige Minderung der Gesamtemissionen – unabhängig davon aus welcher Quelle – erreicht wird?

Datengrundlagen

Die Beantwortung der unter 1. aufgeführten Fragen erfolgt im wesentlichen auf Basis des Berichts EC No 203-777-6, „Substance Evaluation Conclusion as required by REACH Article 48 and Evaluation Report for n-Hexane“, den die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) vorgelegt hat (im folgenden „n-Hexan Evaluation Report 2017“). Der im Mai 2017 publizierte Bericht wurde im Rahmen der Bewertung und Evaluierung der gefahrenrelevanten Eigenschaften von Chemikalien gemäß REACH Verordnung, EC, No 1907/2006, erarbeitet.

Ergänzend wurden weitere Informationen über die Toxizität von n-Hexan der GESTIS-Stoffdatenbank sowie der arbeitsmedizinisch-toxikologischen Begründung des MAK-Wertes von n-Hexan, Nachtrag 1997, entnommen.

Beantwortung der Fragen

1. Welche toxischen Eigenschaften hat n-Hexan?

Die Hauptwirkungen von n-Hexan bei *akuter* Exposition gegenüber hohen Konzentrationen bzw. bei direkter Einwirkung auf die Haut sind :

- Reizwirkung auf Augen und obere Atemwege
- Entfettung und Reizung der Haut,
- Störung der Funktionen des Zentralnervensystems

Die Hauptwirkungen von n-Hexan bei *chronischer* Exposition gegenüber hohen Konzentrationen sind

- Schädigung des peripheren Nervensystems
- Schädigungen des Zentralnervensystems
- Beeinträchtigungen des Allgemeinbefindens

An der Haut verursacht n-Hexan primär Entfettung und erst nach längerem Kontakt Reizungen. Zumeist wird nur über Rötungen und leichte, lediglich histologisch sichtbare Strukturveränderungen der Haut berichtet. Für eine hautsensibilisierende Wirkung gibt es keine Anhaltspunkte.

Bei akuter Einwirkung durch Einatmung bewirkt Hexan beim Menschen hauptsächlich Kopfschmerz, Schwindel, Reizung der Augen und der Schleimhäute des oberen Atemtrakts (Nase und Rachen) sowie Übelkeit und Erbrechen. Wirkungen dieser Art treten nur bei Einwirkung sehr hoher Konzentrationen im Bereich von einigen Hundert mg/m³ auf.

Anfangs- oder Begleitsymptome bei chronischer inhalativer Exposition gegenüber n-Hexan-Konzentrationen > 100 ppm (entsprechend > 360 mg/m³) sind unspezifische Störungen des Allgemeinbefindens wie Kopfschmerz, zunehmende Schwäche und schnelle Ermüdbarkeit.

Als erstes Zeichen einer Schädigung peripherer Nerven wird zumeist ein Taubheitsgefühl in Zehen und Fingern bemerkt. In leichten Fällen bleibt dies das einzige Symptom. Bei fortschreitender Schädigung kommt es zu symmetrischen Sensibilitätsstörungen vorwiegend in den distalen Anteilen der Extremitäten mit Nachlassen des Berührungs-, Temperatur- und Vibrationsempfindens.

Es gibt keine Hinweise auf erbgutverändernde und krebserzeugende Wirkungen von n-Hexan. Eine Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit wird aufgrund einzelner Studien diskutiert. Eine abschließende Beurteilung ist derzeit jedoch nicht möglich.

Die o.g. Wirkungen von n-Hexan treten bei länger andauernder und wiederholter Einatmung hoher n-Hexan-Konzentrationen $> 300 \text{ mg/m}^3$ auf. Der in der TRGS 900 aufgeführte Arbeitsplatzgrenzwert für n-Hexan wurde entsprechend auf 180 mg/m^3 (= 50 ppm) festgelegt. In verschiedenen anderen europäischen Ländern wurde ein niedrigerer Arbeitsplatzgrenzwert von 72 mg/m^3 (entsprechend 20 ppm) festgelegt (siehe Evaluation Report 2017, Tabelle 22). In der EU-Richtlinie 2006/15 wird ein „Arbeitsplatz-Richtgrenzwert“ von 72 mg/m^3 genannt.

Nach den Vorgaben der EU-Verordnung 1272/2008 (CLP-Verordnung) werden n-Hexan bzgl. seiner Humantoxizität folgende Gefahrenkategorien zugeordnet

- Reproduktionstoxizität, Kategorie 2; H361f
- Aspirationsgefahr, Kategorie 1; H304
- Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 2; H373
- Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2; H315
- Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3; H336

Die v.g. Gefahrenkategorien kennzeichnen die sog. intrinsischen Stoffwirkungen, jedoch nicht die Wirkstärke. Ob die jeweiligen Wirkungen auftreten oder nicht, hängt entscheidend von der Exposition und Dosis ab.

Die Einstufung in die Gefahrenkategorie H361f (Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen) beruht ausschließlich auf tierexperimentellen Befunden. Eine ausführliche Darstellung der Befundlage findet sich in der von der Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) erarbeiteten Begründung des MAK-Wertes für n-Hexan, Nachtrag 1997. Darin wird ausgeführt, dass Beeinträchtigungen der Fruchtbarkeit bei männlichen Ratten (Spermatotoxizität, Hodenschädigung) durch Einatmung von n-Hexan erst bei sehr hohen Konzentrationen $> 1.000 \text{ ppm}$, entsprechend 3.600 mg/m^3 feststellbar sind. In einer Inhalationsstudie mit technischem Hexan, welches zu 52 % (w/v) aus n-Hexan bestand, konnten selbst bei der höchsten Konzentration (9.000 ppm, entsprechend 32.400 mg/m^3) keine Beeinträchtigungen der Fertilität bei männlichen und weiblichen Ratten festgestellt werden. Sowohl makroskopisch als auch histopathologisch waren keine Effekte auf die Hoden der männlichen Tiere nachweisbar.

2. Betreiber von Extraktionsölmühlen möchten sicherstellen, dass kein umweltmedizinisches Risiko durch n-Hexan zu erwarten ist. Welche Konzentration in der Umgebungsluft muss hierfür unterschritten werden?

Für n-Hexan in der Außenluft und in der Innenraumlufte von Wohnungen, Kindergärten, Schulräumen, Büroräumen und Räume wohnähnlicher Nutzung gibt es weder auf nationaler Ebene noch auf EU-Ebene einen gesetzlich festgelegten umweltmedizinisch-toxikologisch begründeten Grenzwert.

In dem n-Hexan Evaluation Report 2017 werden für n-Hexan sog. DNEL-Werte aufgeführt. Die Abkürzung DNEL steht für „derived no-effect level“, in deutscher Übersetzung: abgeleitete Dosis oder Konzentration ohne Wirkung. Bei der Ableitung von DNEL-Werten geht man von wissenschaftlich begründeten Arbeitsplatzgrenzwerten und/oder von tier-experimentell ermittelten Dosen oder Konzentrationen aus, bei denen erste Wirkungen oder noch keine Wirkungen feststellbar sind. Unter Anwendung verschiedener Umrechnungs- und Unsicherheitsfaktoren wird für die Allgemeinbevölkerung dann eine Dosis oder Konzentration berechnet, bei der auch bei lebenslanger, dauerhafter Exposition mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine gesundheitsschädlichen oder die Gesundheit beeinträchtigenden Wirkungen zu erwarten sind. Diese Werte können als obere Grenze der tolerablen Dosis bzw. Konzentration angesehen werden.

Die in dem n-Hexan Evaluation Report 2017 für die Allgemeinbevölkerung und für die dauerhafte und lebenslange inhalative Exposition abgeleiteten DNEL-Werte für n-Hexan sind wie folgt:

- 3 mg/m³
- 17.6 mg/m³ (5 ppm)

Die Ableitung des niedrigeren DNEL-Wertes basiert auf dem EU-Arbeitsplatz-Richtgrenzwert für n-Hexan (72 mg/m³). Dieser Wert kennzeichnet die höchstzulässige Konzentration von n-Hexan an Arbeitsplätzen. Er ist als Schichtmittelwert definiert und gilt für eine Exposition von 8 Stunden pro Tag an 5 Tagen pro Woche über eine Lebensarbeitszeit von 40 Jahren.

Zur „Umrechnung“ auf eine kontinuierliche mittlere Exposition wurde dieser Richtgrenzwert mit den Faktoren 8/24 und 5/7 multipliziert. Des Weiteren wurde eine Korrektur der Ventilationsrate (Arbeitnehmer: 20 m³/Tag; Allgemeinbevölkerung: 10 m³/Tag; Korrekturfaktor: 10/20) vorgenommen und ein Korrekturfaktor zum Schutz besonders empfindlicher Personen in der Allgemeinbevölkerung (Korrekturfaktor: 3,5/10) angewandt. Bei multiplikativer Verknüpfung dieser Faktoren erhält man, ausgehend von dem o.g. Arbeitsplatz-Richtgrenzwert von 72 mg/m³, einen Wert von 3 mg/m³.

Ausgangspunkt für die Ableitung des o.g. DNEL-Wertes von 17.6 mg/m³ ist ein sog. NOAEL-Wert (= No-observed adverse effect level) in Höhe von 1762 mg/m³. Dies ist die höchste Konzentration von n-Hexan, bei der in einem Inhalationsexperiment mit Ratten gerade noch keine neurotoxischen Wirkungen festgestellt werden konnten. Die Expositionsdauer betrug 16 Wochen über jeweils 12 Stunden/Tag an 7 Tagen/Woche. Zur Übertragung auf die

dauerhafte und lebenslange Exposition des Menschen wurde der NOAEL-Wert durch folgende Faktoren dividiert:

- Faktor 2 zur Umrechnung auf kontinuierliche Exposition (24 statt 12 Stunden pro Tag)
- Faktor 2 zur Umrechnung von subchronischer auf chronische Exposition
- Faktor 2,5 zur Übertragung auf den Menschen, der als 2,5-fach empfindlicher angenommen wird als die Ratte
- Faktor 10 zur Berücksichtigung interindividueller Empfindlichkeitsunterschiede innerhalb der menschlichen Population

Durch multiplikative Verknüpfung dieser Faktoren erhält man einen Umrechnungsfaktor von 100. $1762 \text{ mg/m}^3 : 100$ ergibt $17,62 \text{ mg/m}^3$.

Fazit:

Wenn in der Umgebungsluft von Extraktionsölmühlen im langfristigen Mittel n-Hexan-Konzentrationen von weniger als 3 mg/m^3 auftreten, sind mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit weder gesundheitsschädliche noch die Gesundheit beeinträchtigende Wirkungen, die mit der Einatmung von n-Hexan in Zusammenhang stehen, zu erwarten. Dieser Konzentrationswert kann insoweit als toxikologisch begründeter Vorsorgewert bezeichnet werden.

Bei Einhaltung des v.g. Konzentrationswertes sind reproduktionstoxische und die Fertilität beeinträchtigende Wirkungen auszuschließen, da nach den tierexperimentellen Befunden derartige Effekte erst bei mehr als 1.000-fach höheren Konzentrationen zu erwarten sind.

3. Wie verhält sich n-Hexan nach Emission in die Atmosphäre? Kann von einem Verdünnungseffekt ausgegangen werden?

Das von einer Anlage freigesetzte n-Hexan verteilt sich in der Atmosphäre, wobei in Anhängigkeit von verschiedenen Faktoren eine mehr oder weniger starke Verdünnung eintritt. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind:

- Höhe der Freisetzung in die Atmosphäre
- Abgastemperatur
- Emissionskonzentration
- Abgasvolumenstrom
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Entfernung von der Emissionsquelle

Abgase, die über Schornsteine in großer Höhe in die Atmosphäre freigesetzt werden, unterliegen wegen der in höheren Luftschichten größeren Windgeschwindigkeiten einer viel

stärkeren Verdünnung als Abgase, die in geringer Höhe freigesetzt werden. Für überschlägige Abschätzungen werden für solche Emissionsquellen Verdünnungsfaktoren im Bereich von 1 : 10.000 bis 1 : 100.000 angenommen. Die höchsten Zusatzbelastungen treten i.a. in 2 – 5 km Entfernung von der Emissionsquelle auf. Stoffe, die aus sog. diffusen Quellen in niedriger Quellhöhe in die Umgebungsluft freigesetzt werden, unterliegen einer deutlich geringeren Verdünnung und können im Nahbereich der Quelle zu deutlich höheren Belastungen führen. Diffuse Quellen sind Fenster, Dachöffnungen, offene Türen und Tore u.a.m. Bei geruchsintensiven Stoffen kann es dabei zu erheblichen Geruchsbelästigungen im näheren Umfeld der Betriebsanlagen kommen.

Da n-Hexan ein Bestandteil von Benzin und anderen Mineralölprodukten ist und aufgrund seiner hohen Flüchtigkeit leicht in die Luft freigesetzt wird, ist davon auszugehen, dass n-Hexan in Stadt- und Gewerbegebieten ein ubiquitärer Bestandteil der Luft ist. Eine Freisetzung von n-Hexan ist auch beim Befüllen von Kfz-Tanks zu erwarten.

Es konnten in der Literatur keine Angaben gefunden werden, in welchen Konzentrationen n-Hexan in der Luft von Stadtgebieten, in der Umgebung von Tankstellen, Erdöl-Raffinerien und Mineralöl-verarbeitenden Betrieben vorkommen. Dem Unterzeichner sind auch keine Angaben über die im Umfeld von Extraktionsölmühlen vorkommenden n-Hexan-Konzentrationen bekannt.

Das in der Luft vorkommende n-Hexan wird durch Reaktion mit Ozon und anderen reaktiven Verbindungen wie z.B. Hydroxyl-Radikalen abgebaut. Dabei entstehen verschiedene Sauerstoff-haltige Kohlenwasserstoffe, deren weiteres Schicksal unbekannt ist. Letztendlich dürften diese Stoffe in Böden und Oberflächengewässer gelangen und dort mikrobiell oder durch physikalisch-chemische Prozesse zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut werden. Ein photochemischer Abbau von Hexan in der Atmosphäre ist nicht zu erwarten, da n-Hexan UV-Strahlen nicht absorbiert.

4. Wie lässt sich feststellen, dass bestimmte Konzentrationen an n-Hexan in der Nachbarschaft von Extraktionsölmühlen unterschritten werden? Ist eine Ausbreitungsrechnung geeignet, um nachzuweisen, dass bestimmte Konzentrationen an n-Hexan in der Nachbarschaft der Betriebe unbedenklich sind?

Die in der Nachbarschaft von Extraktionsölmühlen auftretenden Konzentrationen von n-Hexan können mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen abgeschätzt oder mit geeigneten Messverfahren bestimmt werden. Zu unterscheiden sind dabei Messverfahren mit aktiver und mit passiver Probenahme.

Ausbreitungsrechnungen zur Abschätzung der Schadstoffkonzentrationen im Umfeld von Anlagen können nur dann durchgeführt werden, wenn die Freisetzungsbedingungen der Emissionen bekannt sind. Die für Ausbreitungsrechnungen maßgeblichen Emissionskenngrößen sind:

- der Emissionsmassenstrom
- die Abgastemperatur
- der Abgasvolumenstrom
- die Höhe der Freisetzung der Emissionen (Schornsteinhöhe).

Die v.g. Kenngrößen lassen sich nur für sog. gefasste Quellen (z.B. Schornsteine) ermitteln, nicht aber für diffuse Quellen. Für diese lassen sich daher keine Ausbreitungsrechnungen durchführen.

In Anhang 3 der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft wird für Ausbreitungsrechnungen ein Lagrange'sches Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 festgelegt. Das Rechenprogramm AUSTAL2000, das mit Förderung durch das Umweltbundesamt entwickelt wurde, stellt eine Umsetzung der Vorgaben dieses Anhangs dar und gilt heute als maßgebliches Referenzverfahren.

Fazit:

Die im Umfeld von Extraktionsölmühlen auftretenden n-Hexan-Immissionen können mittels Ausbreitungsrechnungen, die mit Hilfe des Referenzverfahrens AUSTAL2000 durchgeführt werden müssen, zuverlässig abgeschätzt werden. Voraussetzung hier ist die Kenntnis der Freisetzungsbedingungen und der Emissionskenngrößen.

5. Könnte aus umweltmedizinisch-toxikologischer Sicht auf eine Begrenzung gefasster n-Hexan-Emissionen verzichtet werden, wenn eine gleichwertige Minderung der Gesamtemissionen – unabhängig davon aus welcher Quelle – erreicht wird?

Die TA Luft enthält in Kapitel 5 „Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen“. Die Konkretisierung dieser Anforderungen erfolgt u.a. in Form von Emissionsgrenzwerten. Diese sollen möglichst nicht ausgeschöpft, sondern soweit wie möglich unterschritten werden. Zu berücksichtigen sind dabei auch der jeweilige Stand der Technik sowie ggfs. auch BVT-Merkblätter.

n-Hexan wird in Absatz 5.2.5 und im Anhang 4 der TA Luft nicht als Stoff der Klasse I oder II aufgeführt. Insoweit entspricht die Festlegung eines Emissionsgrenzwertes für n-Hexan nicht den Vorgaben der aktuellen Fassung TA Luft. Sie stellt vielmehr eine zusätzliche behördliche Anforderung dar.

Aus umweltmedizinisch-toxikologischer und lufthygienischer Sicht sind die „Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen“ Gemäß Absatz 5 der TA Luft erfüllt, wenn immissionsseitig der in Abschnitt 2 dieser Ausarbeitung genannte Vorsorgewert von 3 mg/m^3 , entsprechend $3.000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ im Umfeld eines Betriebes dauerhaft eingehalten bzw. unterschritten wird. Ein Emissionsgrenzwert für n-Hexan, der in der TA Luft ohnehin nicht vorgesehen ist, muss deshalb nicht zwingend festgelegt werden.

Grundsätzlich ist eine weitere Absenkung und Minimierung der n-Hexan-Gesamtemissionen von Extraktionsölmühlen sinnvoll und zu begrüßen. In den Umweltberichten der Betriebe sollte deshalb die zeitliche Entwicklung der Gesamtemissionen, die sich auf Basis der betrieblichen Stoffstrombilanzen ermitteln lassen, dokumentiert werden. Es ist naheliegend, dass die Verminderung der Gesamtemissionen eines Betriebes, welches sowohl die Emissionen aus gefassten Quellen als auch die Emissionen aus diffusen Quellen umfasst, auch eine Verminderung der Immissionen von n-Hexan im Umfeld der Betriebe zur Folge hat.

Zu betonen ist abschließend, dass der o.g. Vorsorgewert für n-Hexan nicht als „Auffüllwert“, sondern als „Richtwert“ verstanden werden sollte, der durch geeignete technische Maßnahmen zur Verminderung der n-Hexan-Emissionen soweit wie möglich unterschritten werden sollte.

Fazit:

Aus umweltmedizinisch-toxikologischer Sicht sind die „Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen“ Gemäß Absatz 5 der TA Luft erfüllt, wenn immissionsseitig der Vorsorgewert von 3 mg/m^3 , entsprechend $3.000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ im Umfeld eines Betriebes dauerhaft eingehalten bzw. unterschritten wird. Auf die Festlegung eines Immissionsgrenzwerts für n-Hexan kann deshalb verzichtet werden.

Der v.g. Vorsorgewert sollte nicht als „Auffüllwert“, sondern als Orientierungswert verstanden werden, der durch geeignete technische Maßnahmen zur Verminderung der n-Hexan-Emissionen soweit wie möglich unterschritten werden sollte.

Essen, den 25.11.2019

Professor Dr. Ulrich Ewers

Sachverständiger für Toxikologie und Umwelthygiene

Zusammenfassung

Wenn gewährleistet ist, dass in Wohngebieten im Umfeld von Extraktionsölmühlen n-Hexan-Konzentrationen von maximal 3 mg/m^3 eingehalten und unterschritten werden, ist sichergestellt, dass keine Gesundheitsgefahren und gesundheitlichen Beeinträchtigungen, die ursächlich durch Einatmung von n-Hexan-haltiger Luft bedingt sind, auftreten. Dies gilt auch für Beeinträchtigungen der Fruchtbarkeit bei Männern und Frauen.

Die im Umfeld von Extraktionsölmühlen vorkommenden n-Hexan-Konzentrationen können anhand von Ausbreitungsrechnungen abgeschätzt werden. Die Rechnungen müssen nach Anhang 3 der TA Luft mit dem Programm AUSTAL2000 durchgeführt werden. Grundlage für die Berechnung sind Emissionskenngrößen, die ermittelt bzw. gemessen werden müssen, und lokale Klimadaten.

Die im Umfeld von Extraktionsölmühlen auftretenden n-Hexan-Konzentrationen sind u.a. abhängig von den Gesamtemissionen eines Betriebes, die sich zusammensetzen aus den Emissionen aus gefassten und diffusen Quellen. Die Gesamtemissionen lassen sich anhand von Stoffstrombilanzen ermitteln. Eine Minderung der Gesamt-emissionen hat auch eine Minderung der n-Hexan-Immissionen im Umfeld der Betriebe zur Folge.

Aus umweltmedizinisch-toxikologischer Sicht sind die „Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen“ Gemäß Absatz 5 der TA Luft erfüllt, wenn immissionsseitig der Vorsorgewert von 3 mg/m^3 , entsprechend $3.000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ im Umfeld eines Betriebes dauerhaft eingehalten bzw. unterschritten wird. Auf die Festlegung eines Immissionsgrenzwerts für n-Hexan kann deshalb verzichtet werden.

Der v.g. Vorsorgewert sollte nicht als „Auffüllwert“, sondern als Orientierungswert verstanden werden, der durch geeignete technische Maßnahmen zur Verminderung der n-Hexan-Emissionen soweit wie möglich unterschritten werden sollte.

Literatur

Substance Evaluation Conclusion Document as required by REACH Article 48 and Evaluation Report for n-Hexane. EC No 203-777-6 CAS No 110-54-3.

Report EC No 203-777-6. Dated: May 2017.

<https://echa.europa.eu/documents/10162/167cb34b-2110-c1e4-b50d-45f676bc5280>

RICHTLINIE 2006/15/EG DER KOMMISSION vom 7. Februar 2006 zur Festlegung einer zweiten Liste von Arbeitsplatz-Richtgrenzwerten in Durchführung der Richtlinie 98/24/EG des Rates und zur Änderung der Richtlinien 91/322/EWG und 2000/39/EG.

GESTIS Stoffdatenbank. Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>

Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. n-Hexan. Nachtrag 1997.

Loseblattwerk, 24. Ergänzungslieferung. Wiley-VCH, Weinheim.

Professor Dr. Ulrich Ewers

**Sachverständiger für Toxikologie und
Umwelthygiene**

45239 Essen
Graf-Luckner-Höhe 17
Telefon 0201 - 40 48 77
ulrich.ewers@live.de

Curriculum Vitae

Studium der Chemie und Biochemie an der Universität Köln
Abschluss als Diplom-Chemiker (1972)

Promotion in Organischer Chemie/Biochemie an der Universität Köln (1975)

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Medizinischen Institut für Umwelthygiene an der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (1976 – 1990)

Habilitation im Fach Umwelthygiene an der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (1989)

Leiter der Abteilung für Umwelttoxikologie und Umweltmedizin am Hygiene-Institut
des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen (1990 – 2013)

Seit 2013 freiberuflicher Sachverständiger für Toxikologie und Umwelthygiene