

2- MCPD, 3-MCPD- und  
Glycidol in Säuglings- und  
Kindernährmitteln

---

**Expositionsabschätzung für Säuglinge  
und Kleinkinder**

## AUTORINNEN UND AUTOREN

Mag.<sup>a</sup> Kristina Marchart

Dr.<sup>in</sup> Daniela Hofstädter

Ulrike Mayerhofer, MSc

Dipl.Ing.<sup>in</sup> Karin Manner

Thomas Kloud, Bakk. techn.

Dipl.Ing. Leopold Pilsbacher

Dipl.Ing. Johann Steinwider

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit:

Fachbereich Daten, Statistik und Risikobewertung:

Abteilung Risikobewertung & Abteilung Statistik und Analytische Epidemiologie &

Abteilung Datenmanagement

Spargelfeldstraße 191, 1220 WIEN

Zinzendorfsgasse 27/1, 8010 GRAZ

Robert Koch Gasse 17, 2340 MÖDLING

Wir bedanken uns bei den Kolleg:innen des Geschäftsfeldes Lebensmittelsicherheit für die Bereitstellung der Analysedaten.

Der Bericht wurde nach den Vorgaben der Barrierefreiheit erstellt. Unser Dank gilt Frau Sonja Mika für die redaktionelle Arbeit.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt: Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Urhebers reproduziert oder verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die von Gesetzes wegen bestehenden freien Werknutzungen sind weiterhin erlaubt, als Quellenangabe ist anzugeben: Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) (2022): 2- MCPD, 3-MCPD- und Glycidol in Säuglings- und Kindernährmitteln - Expositionsabschätzung für Säuglinge und Kleinkinder.

Online: <https://wissenaktuell.ages.at/2-mcpd-3-mcpd-und-glycidol-in-saeuglings-und-kindernaehrmitteln/>

April 2022

# Inhalt

---

Zusammenfassung .....	8
Abstract.....	8
1 Einleitung .....	10
2 Allgemeiner Teil .....	11
2.1 Historische Hintergrund .....	11
2.2 Gesetzliche Höchstgehalte .....	12
3 Spezieller Teil.....	12
3.1 3-MCPD.....	12
3.1.1 Entstehung und Vorkommen.....	12
3.1.2 Biotransformation .....	13
3.1.3 Toxizität .....	13
3.2 2-MCPD.....	14
3.2.1 Entstehung und Vorkommen.....	15
3.2.2 Biotransformation .....	15
3.2.3 Toxizität .....	15
3.3 Glycidyl-Fettsäureester/ Glycidol .....	16
3.3.1 Entstehung und Vorkommen.....	16
3.3.2 Biotransformation .....	16
3.3.3 Toxizität .....	17
4 Material und Methoden.....	18
4.1 Analytik .....	18
4.2 Auftretensdaten .....	18
5 Untersuchungsergebnisse .....	20
5.1 Glycidol in Säuglings- und Kindernährmittel .....	20
5.2 3-MCPD in Säuglings- und Kindernährmittel.....	21
5.3 2-MCPD in Säuglings- und Kindernährmittel.....	22

5.4	Expositionsabschätzung Säuglings- & Kindernährmittel .....	22
5.4.1	Glycidol .....	25
5.4.2	3-MCPD.....	28
5.4.3	2-MCPD.....	31
6	Entwicklung über die Jahre 2015 – 2020.....	32
7	Unsicherheiten .....	34
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	36
9	Literatur .....	38

# Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Strukturformeln von 3-MCPD, 3-MCPD-Monoester und 3-MCPD-Diester (BfR, 2022).....	12
Abbildung 2: Strukturformeln von 2-MCPD, 2-MCPD-Monoester und 2-MCPD-Diester (BfR, 2022).....	15
Abbildung 3: Strukturformeln von Glycidol und Glycidyl-Fettsäureester (BfR, 2022)	16
Abbildung 4: Glycidol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung über die Jahre 2015 - 2020.....	32
Abbildung 5: 3-MCPD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung über die Jahre 2015 - 2020.....	33
Abbildung 6: 2-MCPD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung über die Jahre 2015 - 2020.....	34

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: Gehalt an Glycidol in Kindernährmitteln in µg/kg (MB Mean) AGES-Daten 2015 – 2020 .....	20
Tabelle 2: Gehalt an 3-MCPD (µg/kg) in Kindernährmitteln (MB Mean) AGES-Daten 2015 – 2020 .....	21
Tabelle 3: Gehalt an 2-MCPD in Kindernährmitteln in µg/kg (MB Mean) AGES-Daten 2015 – 2020 .....	22
Tabelle 4: Kennzahlen für die Expositionsabschätzung Säuglings- & Kindernährmittel .....	24
Tabelle 5: Aufnahme & Risikocharakterisierung von Glycidol durch den Verzehr von Säuglingsanfangsnahrung: von Frühgeborenen bis zum 6. Lebensmonat (MB) .....	25
Tabelle 6: Aufnahme und Risikocharakterisierung von Glycidol durch den Verzehr von Folgenahrung: vom 6. Lebensmonat bis ins 12. Lebensmonat (Medium Bound) .....	27
Tabelle 7: Aufnahme und Risikocharakterisierung von Glycidol durch den Verzehr von Kindermilch: 1. Lebensjahr bis 2. Lebensjahr (Medium Bound).....	28
Tabelle 8: Aufnahme & Risikocharakterisierung von 3-MCPD durch den Verzehr von Säuglingsanfangsnahrung: von Frühgeborenen bis ins 6. Lebensmonat (Medium Bound) .....	29
Tabelle 9: Aufnahme & Risikocharakterisierung von 3-MCPD durch den Verzehr von Folgenahrung: vom 6. Lebensmonat – 12. Lebensmonat (Medium Bound).....	30
Tabelle 10: Aufnahme & Risikocharakterisierung von 3-MCPD durch den Verzehr von Kindermilch: vom 1. Lebensjahr – 2. Lebensjahr (Medium Bound).....	31
Tabelle 11: Qualitative Evaluierung des Einflusses der Unsicherheiten Glycidol.....	35
Tabelle 12: Qualitative Evaluierung des Einflusses der Unsicherheiten auf 3-MCPD .	35

# Abkürzungsverzeichnis

---

AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
ALARA	As Low As Reasonable Achievable
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BG	Bestimmungsgrenze
BMDL	Bench Mark Dose Level
BMSGPK	Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz
DAG	Diacylglycerol
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EN	Europäische Norm
GC-MS/MS	Gaschromatographie-Massenspektrometrie/ Massenspektrometrie
G-FE	Glycidyl-Fettsäureestern
HG	Höchstgehalt
HVP	hydrolysierte Pflanzenproteine (hydrolysed vegetable protein)
IARC	International Agency for Research on Cancer
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
LB	Lower Bound
LMSB	Lebensmittelsicherheitsbericht
Max.	Maximum
MB	Medium Bound
MCPD	Monochlorpropandiol
MCPD-FE	Monochlorpropandiol-Fettsäureester
Min.	Minimum
MOE	Margin Of Exposure
n	Anzahl
P95	95tes Perzentil
RASFF	Rapid Alert System For Food And Feed
StAbw.	Standardabweichung
T	Tag
TDI	tägliche duldbare Aufnahme Menge (tolerable daily intake)
UB	Upper Bound

## Zusammenfassung

Die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) untersuchte im Zeitraum von 2015 – 2020 über 250 Säuglings- und Kindernährmittel auf die Prozesskontaminanten Glycidol, 3-MCPD, 2-MCPD und deren Ester. Diese Kontaminanten sind unerwünscht in Lebensmitteln, da Glycidol als krebserregend und erbgutschädigend eingestuft ist und 3-MCPD als möglicherweise krebserregend für den Menschen gilt. Für 2-MCPDs liegen zu wenige Studien vor, um eine toxikologische Aussage treffen zu können.

Vor allem Fette und Öle können hohe Konzentrationen dieser Prozesskontaminanten aufweisen und diese werden als Zutat in Säuglings- und Kindernährmitteln eingesetzt. Da Säuglings- und Kindernährmittel von den sensibelsten Personengruppen konsumiert werden, untersucht die AGES diese Lebensmittel regelmäßig. Die durchschnittlichen Glycidol-Gehalte für Säuglingsanfangsnahrung (8 µg/kg) und Folgenahrung (7 µg/kg) sowie 3-MCPD-Gehalte in Säuglingsanfangsnahrung (54 µg/kg) und Folgenahrung (35 µg/kg) sind in Gegenüberstellung mit den aktuell gültigen Höchstgehalten niedrig.

Es wurden Expositionsabschätzungen für Säuglinge und Kleinkinder (Frühgeborene bis zum 2. Lebensjahr) für Glycidol und 3-MCPD durch den Verzehr von Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung und Kindermilch berechnet.

Bei allen Berechnungen für die Kontaminanten Glycidol und 3-MCPD gab es einen ausreichenden Sicherheitsabstand (MOE: 44425 – 1723986) und keine 100-%ige Auslastung der toxikologischen Kennzahl (3 % - 75 %).

Es ist an den österreichischen Daten erkennbar, dass die gesetzten Maßnahmen der letzten Jahre bereits Reduktionen dieser Kontaminanten in Säuglingsanfangsnahrung und Folgemilch mit sich bringen. Es kam kaum zu gesetzlichen Höchstgehaltsüberschreitungen. Weiterhin wird empfohlen diese Lebensmittel für die sensibelsten Personengruppen im Rahmen der amtlichen Lebensmittelkontrolle zu untersuchen.

**Schlüsselwörter:** MCPDs, Glycidol, Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung, Kindermilch, Expositionsabschätzung, Risikobewertung, Säuglinge, Kleinkinder

## Abstract

Between the years 2015 and 2020, the Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) analysed more than 250 samples of infant formula, follow on formula, milk



and food especially for children for the process contaminants glycidol, 3-MCPD and 2-MCPD. These contaminants are undesirable in food because glycidol is classified as carcinogenic and mutagenic and 3-MCPD is considered to be a possible human carcinogen. Due to the lack of toxicological data for 2-MCPD it is not possible to perform a risk assessment.

It is known that especially fats and oils can contain high concentrations of these process contaminants. These are ingredients in products for infants and small children too. Infant formula, follow on formula, milk and food especially for children, are consumed by the most sensitive population group. It is the focus to minimize the intake of those contaminants for vulnerable groups and so AGES regularly analyses these products. The average glycidol levels for infant formula (8 µg/kg) and follow-on formula (7 µg/kg) and the average concentrations of 3-MCPD in infant formula (54 µg/kg) and follow-on formula (35 µg/kg) are low in comparison to the currently valid maximum levels.

Exposure assessments for infants and young children (premature babies - up to children in the age of 2 years) for the process contaminants glycidol and 3-MCPD were carried out. The intake of glycidol and 3-MCPD due the consumption of infant formula, follow-on formula and children's milk was calculated with the recommended amount of consumption from the food producer. Therefore the packaging information from manufacturers have been used.

In all calculations carried out with the average concentration of glycidol and 3-MCPD, there was a sufficient safety margin for the contaminant glycidol (MOE: 44425 - 1723986) and no 100 % capacity of the tolerable daily intake of 3-MCPD (3% - 75%).

The Austrian data demonstrates that the measures taken in recent years have already reduced these contaminants in infant formula and follow-on milk. Further the legal maximum levels have hardly been exceeded. It is recommended to continue the analyses of these foods for the most sensitive groups of people as part of the official food control.

**Keywords:** MCPDs, glycidol, infant formula, follow on formula, milk especially for children, exposure assessment, risk assessment, infants, toddler, small children

# 1 Einleitung

---

Glycidyl-Fettsäureester und Glycidol, 3- und 2-Monochlorpropandiole (MCPDs) und deren Fettsäureester gehören zu den sogenannten Prozesskontaminanten, genauer gesagt zu den Hitzekontaminanten. Sie entstehen vor allem bei der Raffination (Entfernung von unangenehmen Geschmacks- und Geruchsstoffen) von pflanzlichen Fetten und Ölen und können somit in allen raffinierten pflanzlichen Fetten und Ölen und allen Lebensmitteln vorkommen, die diese als Zutat enthalten. Diese Kontaminanten sind unerwünscht in Lebensmitteln, da Glycidol als krebserregend und erbgutschädigend eingestuft ist und 3-MCPD als möglicherweise krebserregend für den Menschen gilt. Für 2-MCPDs liegen zu wenige Studien vor, um eine toxikologische Aussage zu treffen.

Um das Risiko für Verbraucher:innen zu reduzieren, wurden seit Bekanntwerden dieser Hitzekontaminanten Maßnahmen auf europäischer Ebene ergriffen. Die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) untersucht daher seit Jahren Glycidol und Glycidyl-Fettsäureester (ausgedrückt als Glycidol), sowie 3- und 2-MCPDs und deren Ester (ausgedrückt als 3-MCPD und 2-MCPD) in Lebensmitteln. In diesem Bericht werden die AGES Daten vom Zeitraum 2015 bis 2020 dargestellt. Es wurden 250 Proben von Säuglings- und Kindernährmitteln auf Glycidol, 251 Proben auf 3-MCPD sowie 251 Proben auf 2-MCPD in den Labors der AGES analysiert. Für Säuglinge und Kleinkinder bis zum 2. Lebensjahr wurde eine Expositionsabschätzung durch die Aufnahme von Säuglings- und Kindernährmitteln durchgeführt, da sie eine besonders vulnerable Bevölkerungsgruppe darstellen. Die gesamten Untersuchungsergebnisse der AGES und vor allem von Fetten und Ölen über die Jahre 2015 – 2020 sind im Bericht „2-MCPD, 3-MCPD und Glycidol in Lebensmitteln – Aktuelle Untersuchungen relevanter Warengruppen AGES Daten 2015 – 2020“ detailliert dargestellt (AGES, 2022).

## 2 Allgemeiner Teil

---

### 2.1 Historische Hintergrund

---

In den 1980er Jahren wurde 3-Monochlorpropandiol (3-MCPD) erstmals in hydrolysierten Pflanzenproteinen (HVP) nachgewiesen. Bei HVP handelt es sich um Speisewürze, die aus pflanzlichem Eiweiß hergestellt wird. Durch die saure Hydrolyse von Proteinen entstehen 3-MCPDs. In den 1990er Jahren wurde der Hitzekontaminant in Sojasaucen denen hydrolysiertes Pflanzenprotein zugesetzt wurde, entdeckt. Im Jahr 2001 wurden Höchstgehalte für 3-MCPD in diesen Warengruppen festgelegt (Verordnung (EG) Nr. 466/2001; Verordnung (EG) Nr. 1881/2006). In den darauffolgenden Jahren wurden die unerwünschten Hitzekontaminanten 3- und 2-MCPD und Glycidol vor allem in raffinierten pflanzlichen Fetten und Ölen sowie in den Produkten, die diese als Zutat enthalten, entdeckt. Im Jahr 2014 wurde auf Basis der Empfehlung der Kommission (2014/661/EU) ein Überwachungsprogramm betreffend dem Vorkommen von 2- und 3-MCPD und Glycidol in Lebensmitteln gestartet. Ziel der Empfehlung war es, zuverlässige Daten zu erheben, vor allem im Hinblick auf jene Lebensmittel, die bekanntermaßen höhere Gehalte aufweisen bzw. die wesentlich zur ernährungsbedingten Aufnahme der Gesamtbevölkerung sowie bestimmter Bevölkerungsgruppen beitragen. Diese Daten wurden von den europäischen Mitgliedsländern an die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) übermittelt. Im Jahr 2016 veröffentlichte EFSA eine Scientific Opinion, in der folgende Lebensmittel, welche Glycidol und 3-MCPD enthalten, identifiziert wurden: Speiseöle und Speisefette sowie Lebensmittel, die daraus hergestellt werden, wie zum Beispiel Margarine, Back- und Konditoreiwaren, Brotaufstriche (Schokoladen-Aufstriche, Erdnussbutter), frittierte Produkte, verschiedene Snack-Produkte (bspw. Brezel, Kartoffel-Chips) sowie Säuglingsanfangs- und Folgenahrung. In den letzten Jahren wurden von den europäischen Mitgliedsländern weitere Analysedaten gesammelt, bei der Europäischen Kommission umfassend diskutiert und weitere Warengruppe mit Höchstgehalten geregelt (Verordnung (EU) 2020/1322). Nach wie vor werden regelmäßig Diskussionen bezüglich dieser Prozesskontaminanten bei der europäischen Kommission geführt (AGES, 2022).

## 2.2 Gesetzliche Höchstgehalte

---

Aktuell sind Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung, pflanzliche Öle und Fette die zur Herstellung von Beikost und Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder bestimmt sind mit Höchstgehalten geregelt (siehe Tabelle 1). Seit 14. Oktober 2020 ist die Verordnung (EU) 2020/1322 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte an 3-Monochlorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidylfettsäureestern in bestimmten Lebensmitteln in Kraft. (Verordnung (EU) 2020/1322).

## 3 Spezieller Teil

---

### 3.1 3-MCPD

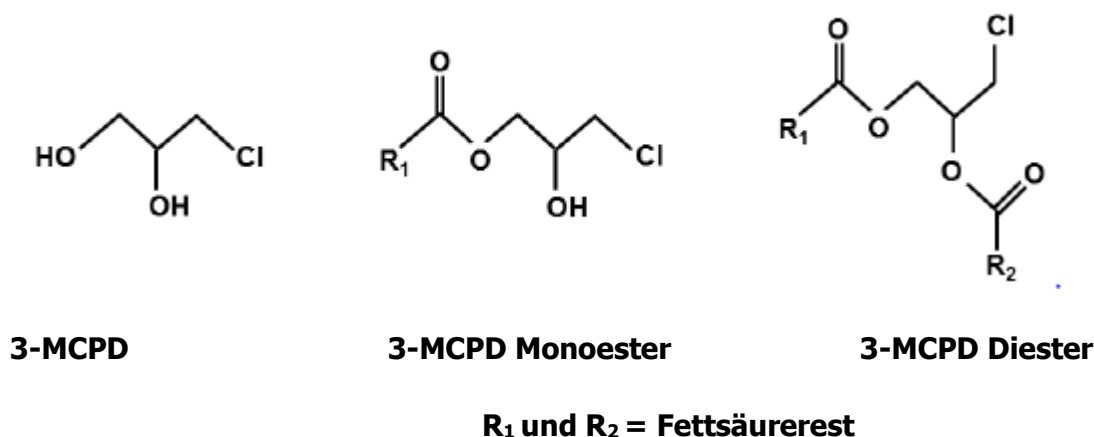
---

#### 3.1.1 Entstehung und Vorkommen

---

3-Monochlor-1,2 propandiol (3-MCPD;  $C_3H_7ClO_2$ ) wird der Gruppe der Chlorpropanole zugeordnet. Charakteristisch für diese Substanzgruppe ist, dass sie ein Glycerin-Grundgerüst aufweist, bei dem eine Hydroxylgruppe durch ein Chloratom ersetzt ist. Bei 3-MCPD befindet sich das Chloratom an Position 3. Bei den Fettsäureestern ist das Chlorpropanol mit ein oder zwei Fettsäuren verestert (Mono- und Diester).

**Abbildung 1:** Strukturformeln von 3-MCPD, 3-MCPD-Monoester und 3-MCPD-Diester (BfR, 2022).



3-MCPD-Fettsäureester (3-MCPD-FE) entstehen vor allem bei der Raffination und Desodorierung pflanzlicher Fette und Öle. Diese Wärmebehandlung ist notwendig zur Reinigung, Veredlung und Entfernung unerwünschter Geruchs- und Geschmacksstoffe. Die Bildung erfolgt dabei unter Anwesenheit von Lipiden (Mono-, Di-, Triglyceriden, Phospholipiden) und chlorhaltigen Verbindungen (anorganisch und organisch). Über das Wasser, Düngung oder Pflanzenschutzmittel nimmt die Pflanze Chloride und andere chlorhaltige Substanzen auf und diese werden im Samen gespeichert, welche somit bei der Ölgewinnung ins Pflanzenöl gelangen. Bei Temperaturen über 120 °C beginnt der Zerfall organischer Chlorverbindungen und bei Temperaturen ab 150 °C setzt die Bildung von 3-MCPD-FE durch Substitution des Chloratoms am Glycerin-Grundkörper unter Abspaltung einer Fettsäure ein (BLL, 2016).

Freies 3-MCPD kann hingegen gebildet werden, wenn gleichzeitig fett- und salzhaltige Lebensmittel hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Diese Substanzen können auch bei der Verarbeitung von tierischen Lebensmitteln (Fisch, Fleisch) gebildet werden. Man findet sie zudem in Lebensmitteln die getoastet, gegrillt, gebraten, frittiert oder geräuchert werden. Wie eingangserwähnt, wurde in den 1980-er Jahren vor allem freies 3-MCPD in hydrolysiertem Pflanzenprotein und Sojasoßen entdeckt (EFSA, 2016b; AGES, 2022a).

### 3.1.2 Biotransformation

---

Für 3-MCPD und seine Fettsäureester liegen Daten aus Tierstudien vor. Eine Bioverfügbarkeitsstudie an Ratten zeigte, dass aus dem Darm aufgenommene 3-MCPD-Fettsäureester weitgehend vollständig im Gastrointestinaltrakt unter Freisetzung von 3-MCPD gespalten werden und anschließend das freie 3-MCPD resorbiert wird. Aktuell ist die genaue Metabolisierung und Exkretion von 3-MCPD und dessen Metaboliten noch nicht vollständig geklärt. Basierend auf den verfügbaren Daten wird davon ausgegangen, dass die Ausscheidung hauptsächlich über die Niere und nur in geringem Ausmaß über die Atemluft und den Darm erfolgt (BfR, 2022).

### 3.1.3 Toxizität

---

Langzeitstudien zur Toxizität zeigen, dass nach Verabreichung von 3-MCPD an Versuchstiere eine Zunahme der Zellzahl (Hyperplasie) in den Nierentubuli

stattfindet. Dies wurde als empfindlichster Endpunkt identifiziert. Es wurde jedoch kein erbgutschädigender Effekt festgestellt. Somit kann davon ausgegangen werden, dass eine Tumorbildung erst ab einer bestimmten Dosis stattfindet (Schwellenwert) (EFSA, 2016a).

Im Jahr 2013 teilte die IARC 3-MCPD in die Gruppe 2B „möglicherweise krebserregend im Menschen“ ein (IARC, 2013).

### 3.1.3.1 Ableitung eines gesundheitsbezogenen Wertes

EFSA änderte im Jahr 2017 die Guideline zur Ableitung des Benchmark Dose Levels (BMDL) und im Jahr 2018 wurde von der EFSA eine tägliche duldbare Aufnahmemenge (TDI) für 3-MCPD von 2 µg/Kilogramm Körpergewicht pro Tag abgeleitet. Der BMDL<sub>10</sub> beträgt 0,2 mg/kg Körpergewicht/ Tag. Es wurde als toxikologischer Endpunkt die Niere herangezogen, welche als empfindlichster Endpunkt definiert wurde.

Ein Sicherheitsfaktor für intra- und interindividuelle Speziesunterschiede von 100 wurde berücksichtigt.

Ableitung TDI:  $BMDL_{10}: 0,2 \text{ mg/kg KG/ T} / 100 = 2 \text{ µg/kg KG/ T}$  (EFSA, 2018).

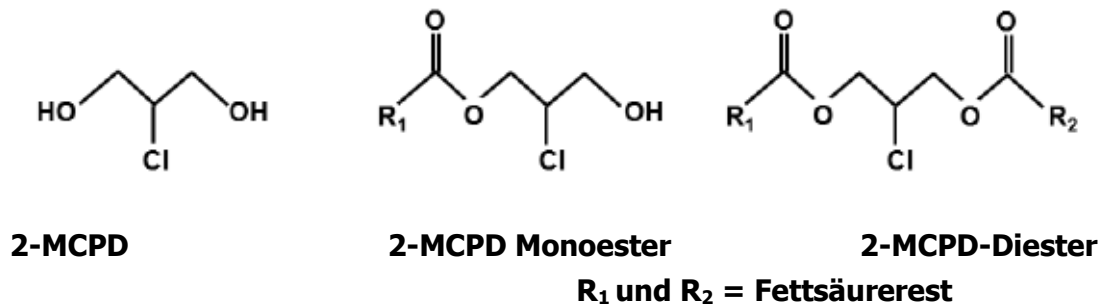
BMD bedeutet, dass aus Studien (Human- oder Tierversuchsstudien) die Dosis einer Substanz abgeschätzt wird, die zu einer bestimmten gesundheitlichen Auswirkung führt. Beispiel: die BMD<sub>10</sub> (Benchmark Dose 10) führt bei 10 % der Versuchstiere zu Tumorbildung (AGES, 2022).

## 3.2 2-MCPD

---

Der Prozesskontaminant 2-Monochlor-1,3 propandiol gehört wie 3-MCPD zur Gruppe der Chlorpropanole und hat ebenfalls Glycerin als Grundgerüst. Auf der 2. Position ersetzt das Chloratom eine Hydroxylgruppe. 2-MCPD kann ungebunden oder gebunden als Fettsäureester vorkommen.

**Abbildung 2:** Strukturformeln von 2-MCPD, 2-MCPD-Monoester und 2-MCPD-Diester (BfR, 2022)



### 3.2.1 Entstehung und Vorkommen

---

Die fettsäuregebundenen Ester von 2-MCPD, 3-MCPD und Glycerol entstehen vor allem während der Raffination von pflanzlichen Ölen und Speisefetten durch die starke Erhitzung der Triglyceride in Gegenwart von chlorhaltigen Verbindungen. Sie kommen daher in pflanzlichen Fetten und Ölen und in den Lebensmitteln, denen diese zugesetzt werden, vor. Grundsätzlich sind 2-MCPD und dessen Ester in geringeren Mengen in Lebensmitteln enthalten als 3-MCPD und 3-MCPD-Fettsäureester.

### 3.2.2 Biotransformation

---

Die aktuelle Datenlage zu 2-MCPDs und 2-MCPD-Fettsäureestern ist sehr gering. In zwei *in vitro* Studien konnte gezeigt werden, dass die Aufnahme von 2-MCPD-Fettsäureestern (2-MCPD-FE) durch humane Ca-co-2-Zellen (diese wurden als Modell für die gastrointestinale Barriere verwendet), ähnlich wie 3-MCPD-FE hydrolysiert werden und dabei 2-MCPD freigesetzt wird. Die Studie zeigte, dass freies 2-MCPD die gastrointestinale Barriere passieren kann, allerdings nicht 2-MCPD-FE (BfR, 2022).

### 3.2.3 Toxizität

---

Da für 2-MCPDs und 2-MCPD-FE zu wenige Studien vorliegen, kann aktuell kein toxikologischer Referenzwert abgeleitet werden. Weiters gelten für diesen Prozesskontaminanten keine Höchstgehalte (AGES, 2022a).

## 3.3 Glycidyl-Fettsäureester/ Glycidol

---

### 3.3.1 Entstehung und Vorkommen

---

Glycidol ( $C_3H_6O_2$ ) hat dasselbe Glycerin-Grundgerüst wie die Chlorpropanole, besitzt allerdings eine Epoxidstruktur. Es kann in freier Form oder gebunden an eine Fettsäure als Glycidyl-Fettsäureester (G-FE) Vorkommen.

**Abbildung 3:** Strukturformeln von Glycidol und Glycidyl-Fettsäureester (BfR, 2022)



**Glycidol**

**Glycidyl-Fettsäureester**  
**R<sub>1</sub> = Fettsäurerest**

Bei der Bildung von G-FE wurde eine Korrelation mit dem Vorhandensein von Diglyceriden in Fett und Öl festgestellt. Untersuchungen zeigten, dass ab einer Temperatur von 230°C bis 240°C und einem Gehalt von > 4 % Diglyceriden die Bildung von G-FE exponentiell ansteigt. Durch die thermische Behandlung kommt es zu einer intramolekularen Umlagerung mit anschließender Abspaltung einer Fettsäure und in Folge zu einer Epoxidbindung (BLL, 2016).

Palmöl enthält im Vergleich zu anderen Ölpflanzen hohe Gehalte an Diacylglycerol (4 - 12 %) und bildet folglich mehr Glycidyl-Fettsäureester (EFSA, 2016b).

### 3.3.2 Biotransformation

---

Studien an Versuchstieren zeigten, dass freies bzw. gebundenes Glycidol nach oraler Aufnahme rasch im Gastrointestinaltrakt resorbiert wird. Das gebundene Glycidol wird noch vorab durch Hydrolyse der Ester aufgespalten. Die Metabolite Glutathion-Konjugate sowie Mercaptursäure-Derivate können im Organismus aus Glycidol umgewandelt werden. Weiters konnte *in-vivo* gezeigt werden, dass auch 3-MCPD durch Metabolisierung aus freiem und gebundenem Glycidol gebildet werden kann.



Auf Grund der elektrophilen Epoxidringstruktur reagiert Glycidol mit verschiedenen nukleophilen Biomolekülen wie Proteinen oder Desoxyribonukleinsäuren (DNA). Durch die Bildung von DNA-Addukten hat Glycidol genotoxisch kanzerogene Eigenschaften. Die Ausscheidung von Glycidol und seinen Metaboliten erfolgt hauptsächlich über die Niere und nur zu einem geringen Teil über die Atemluft (BfR, 2022; EFSA, 2016a).

### 3.3.3 Toxizität

---

Glycidol gilt als krebserregend und erbgutschädigend. Im Jahr 2000 wurden Glycidol und G-FE von der International Agency for Research on Cancer (IARC) in die Gruppe 2A eingestuft. Diese Einstufung bedeutet „wahrscheinlich krebserregend für den Menschen“ (IARC, 2000; EFSA, 2016a; JECFA, 2017). Die Aufnahme über Lebensmittel sollte daher so gering wie möglich sein. Für diesen Stoff kann keine täglich duldbare Aufnahmemenge festgelegt werden, bei der negative Folgen für die menschliche Gesundheit auszuschließen sind. Es gilt somit für diesen Kontaminanten in Lebensmitteln das Minimierungsgebot, das sogenannte ALARA-Prinzip – „As Low As Reasonable Achievable“.

#### 3.3.3.1 Ableitung eines gesundheitsbezogenen Wertes

Die EFSA leitete in ihrer Bewertung aus dem Jahr 2016 für Glycidol einen T25 Wert von 10,2 mg/ kg/ Tag für neoplastische Effekte (Tumorbildung) in Ratten ab. Dies ist die kleinste Dosis, bei der eine messbare nachteilige Wirkung beobachtet wurde. T25 bedeutet ein 25%-iger Anstieg der Tumorzinzidenz bezogen auf die Lebensspanne.

Für Glycidol wird der MOE Ansatz gewählt (Margin Of Exposure). Darunter versteht man das Verhältnis einer Substanzmenge, die in Studien zu einer bestimmten gesundheitlichen Auswirkung führt, zu der von der Bevölkerung aufgenommenen Menge. Je größer das Verhältnis (Sicherheitsabstand) desto geringer ist die gesundheitliche Bedenklichkeit für die Bevölkerung. Bei Glycidol sollte der Sicherheitsabstand größer 25.000 sein (AGES, 2022).

## 4 Material und Methoden

---

### 4.1 Analytik

---

Die Untersuchungen auf 2- und 3-Monochlorpropandiol sowie an 2- und 3-Monochlorpropandiol-Fettsäureester und Glycidyl-FE wurden von der Abteilung Lebensmittelanalytik des AGES Instituts für Lebensmittelsicherheit in Linz durchgeführt. Die Analyse der freien Verbindungen (MCPD) sowie der Fettsäureester (MCPD-FE und G-FE) erfolgte in zwei unterschiedlichen Aufarbeitungen. Nach einer Homogenisierung der Probe mit einer wässrigen Salzlösung und Hexan wurde durch Zentrifugation ein wässriger Extrakt sowie ein Hexanextrakt gewonnen. Das freie MCPD wurde aus dem wässrigen Extrakt mit Ethylacetat und nach einer Derivatisierung gewonnen. Die Fettsäureester wurden aus dem Hexanextrakt nach einer Umlösung in Tetrahydrofuran, einer sauren Hydrobromierung der Glycidylester, einer neuerlichen Hexanextraktion gefolgt von einer weiteren Umlösung mit Tetrahydrofuran und einer sauren Hydrolyse der Ester und einer Derivatisierung gewonnen. Die Analyse der Analyten erfolgte in zwei getrennten Läufen mittels einer Gaschromatographie/ Tandem-Massenspektrometrie Bestimmung (GC-MS/MS).

Die Bestimmung von 2- und 3-MCPD erfolgte gemäß EN 14573:2004, modifiziert, sowie von 2- und 3-MCPD-FE und G-FE gemäß ISO 18393-3:2017, modifiziert, in Lebensmitteln mit GC-MS/MS (AGES, 2022a).

### 4.2 Auftretensdaten

---

Die Datengrundlage für diesen Bericht sind die Untersuchungen der AGES über den Zeitraum 2015 – 2020. Auf Grund der Risikoabschätzung dieser Hitzekontaminanten wurden Säuglings- und Kindernährmittel vor allem als Schwerpunktaktion beprobt und untersucht.

Für jene Messergebnisse, welche unter der Bestimmungsgrenze waren, gibt es die Lower Bound -, Medium Bound - und Upper Bound – Ansätze. Das bedeutet, bei Lower Bound (LB) wird das Messergebnis gleich 0 gesetzt, bei Medium Bound wird die Hälfte der Bestimmungsgrenze als Messwert verwendet und bei Upper Bound wird der Messwert gleich der Bestimmungsgrenze gesetzt (EFSA, 2011). Bei Lower

Bound handelt es sich um eine Unterschätzung und bei Upper Bound um eine Überschätzung. Für die Expositionsabschätzungen der Säuglings- und Kindernährmittel wurde der Medium Bound - Ansatz gewählt. Zur besseren Lesbarkeit werden im Text gerundete Zahlenwerte der AGES Messergebnisse verwendet (AGES, 2022).

## 5 Untersuchungsergebnisse

In den Jahren 2015 – 2020 wurden von der AGES circa 250 Säuglings- und Kindernährmittel auf die Prozesskontaminanten Glycidol sowie 3- und 2-MCPD untersucht. In Tabelle 1, 2 und 3 ist ein Überblick der gemessenen Konzentrationen in Säuglingsanfangsnahrung (Pulver), Folgenahrung (Pulver), Kindermilch (Pulver) und Beikost tabellarisch dargestellt. Die Bestimmungsgrenze liegt zwischen 2 µg/kg und 6 µg/kg.

### 5.1 Glycidol in Säuglings- und Kindernährmittel

Die AGES untersuchte im Zeitraum von 2015 – 2020 insgesamt 250 Proben Säuglings- und Kindernährmittel auf Glycidol (siehe Tabelle 1). Davon waren 161 Proben unter der Bestimmungsgrenze, und es gab insgesamt 6 Überschreitungen (2,4 %) des aktuell gültigen Höchstgehalts von 50 µg/kg. Es überschreiten 1,6 % der untersuchten Säuglingsanfangsnahrung und 1,9 % der Folgenahrung den Höchstgehalt.

Tabelle 1: Gehalt an Glycidol in Kindernährmitteln in µg/kg (MB Mean) AGES-Daten 2015 – 2020

Lebensmittelgruppe	n	n < BG	> HG	Mean (µg/kg)	StAbw. (µg/kg)	P95 (µg/kg)	Min. (µg/kg)	Max. (µg/kg)
<b>Säuglings- &amp; Kindernährmittel</b>	<b>250</b>	<b>161</b>	<b>6</b>	<b>8,15</b>	<b>25,28</b>	<b>17,21</b>	<b>0,94</b>	<b>288,00</b>
Säuglingsanfangsnahrung	126	61	2	8,17	16,83	18,00	1,00	177,39
Folgenahrung	105	84	2	6,46	28,49	10,14	0,99	288,00
Kindermilch	8	8	0	2,14	0,22	2,44	1,76	2,49
Beikost	11	8	2	28,40	58,47	146,19	0,94	155,38

n = Anzahl; BG = Bestimmungsgrenze; HG = Höchstgehalt; StAbw. = Standardabweichung, P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil; Min. = Minimum; Max. = Maximum; Mean = Mittelwert, MB = Medium Bound-Ansatz

Der durchschnittliche Glycidol-Gehalt in dieser Warengruppe beträgt 8 µg/kg. Der höchste gemessene Wert an Glycidol wurde in einer Probe Folgenahrung festgestellt und beträgt 288 µg/kg. Der durchschnittliche Glycidol-Gehalt beträgt für 126 Proben **Säuglingsanfangsnahrung** 8 µg/kg und für 105 Proben **Folgenahrung** 7 µg/kg.

## 5.2 3-MCPD in Säuglings- und Kindernährmittel

In Tabelle 2 sind die Gehalte an 3-MCPD in Säuglings- & Kindernährmittel dargestellt. Von 251 untersuchten Proben waren 5 nicht bestimmbar, und 8 überschritten den aktuell gültigen Höchstgehalt von 125 µg/kg. Die durchschnittliche Konzentration beträgt für diese Lebensmittelgruppe 46 µg/kg. Der höchste gemessene Wert von 427 µg/kg wurde in einer **Säuglingsanfangsnahrung** gemessen. Von dieser Warengruppe wurden die meisten Proben analysiert, nämlich 127. Dabei gab es 4 Höchstgehaltsüberschreitungen (3,2 %), und der durchschnittliche Gehalt beträgt 54 µg/kg. Die AGES untersuchte im Zeitraum 2015 – 2020 insgesamt 105 Proben **Folgenahrung** und davon gab es zwei Höchstgehaltsüberschreitungen (1,9 %). Die durchschnittliche Konzentration beträgt für diese Warengruppe 35 µg/kg und liegt somit deutlich unter dem gesetzlich vorgeschriebenen Höchstgehalt von 125 µg/kg.

Tabelle 2: Gehalt an 3-MCPD (µg/kg) in Kindernährmitteln (MB Mean) AGES-Daten 2015 – 2020

Lebensmittelgruppe	n	n < BG	> HG	Mean (µg/kg)	StAbw. (µg/kg)	P95 (µg/kg)	Min. (µg/kg)	Max. (µg/kg)
<b>Säuglings- &amp; Kindernährmittel</b>	<b>251</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>45,84</b>	<b>55,67</b>	<b>96,21</b>	<b>2,00</b>	<b>427,38</b>
<i>Säuglingsanfangsnahrung</i>	127	2	4	53,68	57,20	93,16	5,41	427,38
<i>Folgenahrung</i>	105	1	2	35,37	41,23	92,19	3,27	312,48
<i>Kindermilch</i>	8	0	0	24,77	7,46	35,28	16,08	37,94
Beikost	11	2	2	70,55	124,77	316,68	2,00	369,27

n = Anzahl; BG = Bestimmungsgrenze; HG = Höchstgehalt; StAbw. = Standardabweichung, P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil; Min. = Minimum; Max. = Maximum, Mean = Mittelwert, MB = Medium Bound-Ansatz

## 5.3 2-MCPD in Säuglings- und Kindernährmittel

Es wurden von 2015 - 2020 insgesamt 251 Säuglings- & Kindernährmittel auf 2-MCPD untersucht. Die Daten werden in Tabelle 3 dargestellt. Die durchschnittliche Konzentration an 2-MCPD beträgt für diese Lebensmittelgruppe 15 µg/kg. Für den Kontaminanten 2-MCPD gilt aktuell kein gesetzlich vorgeschriebener Höchstgehalt. Bezogen auf 127 untersuchte Proben **Säuglingsanfangsnahrung** beträgt der durchschnittliche Gehalt 17 µg/kg. Der durchschnittliche 2-MCPD - Gehalt in den 105, von der AGES untersuchten Folgenahrung-Proben, beträgt 11 µg/kg.

Tabelle 3: Gehalt an 2-MCPD in Kindernährmitteln in µg/kg (MB Mean) AGES-Daten 2015 – 2020

Lebensmittelgruppe	n	n < BG	Mean (µg/kg)	StAbw. (µg/kg)	Median (µg/kg)	P95 (µg/kg)	Min. (µg/kg)	Max. (µg/kg)
<b>Säuglings- &amp; Kindernährmittel</b>	<b>251</b>	<b>19</b>	<b>14,64</b>	<b>16,80</b>	<b>10,92</b>	<b>25,05</b>	<b>2,00</b>	<b>166,79</b>
<i>Säuglingsanfangsnahrung</i>	127	4	16,60	14,28	14,00	25,18	4,15	120,56
<i>Folgenahrung</i>	105	8	10,92	8,83	8,67	20,05	3,27	65,33
<i>Kindermilch</i>	8	3	7,68	3,73	7,07	13,24	3,92	14,96
Beikost	11	4	32,64	55,49	9,82	141,60	2,00	166,79

n = Anzahl; BG = Bestimmungsgrenze; HG = Höchstgehalt; StAbw. = Standardabweichung, P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil; Min. = Minimum; Max. = Maximum, Mean = Mittelwert, MB = Medium Bound-Ansatz

## 5.4 Expositionsabschätzung Säuglings- & Kindernährmittel

Es wurde für die Expositionsabschätzung der sensiblen Personengruppe Säuglinge und Kleinkinder bis zum 2. Lebensjahr gegenüber Glycidol und 3-MCPD ein deterministischer Ansatz gewählt. Das arithmetische Mittel der erhobenen Auftretensdaten der AGES wurde mit den Verzehrangaben laut Verpackung von Säuglings- und Kindernährmitteln, welche im österreichischen Handel erhältlich sind, kombiniert.

Für die **Säuglingsanfangsnahrung** wurden jeweils die minimale Pulvermenge und die maximale Pulvermenge für den Verzehr an Säuglingsanfangsnahrung pro Tag für die Berechnungen herangezogen. Die Expositionsabschätzung wurde für Neugeborene, Säuglinge im 4. Lebensmonat und Säuglinge im 6. Lebensmonat durchgeführt.

**Folgemilch** wird für Säuglinge nach dem 6. Lebensmonat empfohlen. Laut Angaben von Herstellern werden für Säuglinge idealerweise fünf Mahlzeiten pro Tag empfohlen. Da in diesem Alter bereits mit Beikost-Einführung begonnen werden kann, wird empfohlen für jede neu eingeführte Beikostmahlzeit (Glaskost/ Brei), eine Flaschenmahlzeit wegfällen zu lassen. Somit wurde für die Berechnungen für Säuglinge ab dem 6. Lebensmonat mit 5 Flaschenmahlzeiten (110,8 g Pulver), für Säuglinge ab dem 8. Lebensmonat mit 3 Flaschenmahlzeiten (66,5 g Pulver) und für das 12. Lebensmonat mit einer Flaschenmahlzeit pro Tag gerechnet.

**Kindermilch** ist für Kleinkinder ab dem ersten bis zum 3. Lebensjahr vorgesehen. Laut Angaben von Herstellern wird empfohlen bis zu 2 Flaschenmahlzeiten an Kindermilch (32,4 g Pulver) pro Tag zu konsumieren.

Für **Frühgeborene** wurde das Körpergewicht und die Pulvermenge von einer Stellungnahme des BfR aus dem Jahr 2012 herangezogen (BfR, 2012).

Die verwendeten Gewichtsangaben beziehen sich auf die WHO-Referenzwerte für die Gewichtsentwicklung von Säuglingen und Kleinkindern. Für Frühgeborene wurde das Körpergewicht von einer Publikation des BfR herangezogen (WHO, 2006; BfR, 2012). Für die Berechnungen wurde das 50. Perzentil (P50) des Körpergewichts für Mädchen gewählt.

Die Kennzahlen für die Expositionsabschätzung für Säuglings- und Kindernährmittel von Frühgeborenen bis zu den Kleinkindern im 2. Lebensjahr sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Kennzahlen für die Expositionsabschätzung Säuglings- & Kindernährmittel

Lebensmittelgruppe	Lebensalter (Körpergewicht)	Pulvermenge (g pro Tag)
Säuglingsanfangsnahrung	Frühgeborene (1,5 kg) <sup>1</sup>	36 <sup>1</sup>
Säuglingsanfangsnahrung	Neugeborene 0 Monate (3,3 kg) <sup>2</sup>	44´
		92,4´´
Säuglingsanfangsnahrung	4 Monate (6,4 kg) <sup>2</sup>	107,5´
		132´´
Säuglingsanfangsnahrung	6 Monate (7,3 kg) <sup>2</sup>	92,4´
		120,4´´
Folgenahrung	6 Monate (7,3 kg) <sup>2</sup>	110,8*
Folgenahrung	8 Monate (7,9 kg) <sup>2</sup>	66,5*
Folgenahrung	12 Monate (8,9 kg) <sup>2</sup>	22,2*
Kindermilch	1 Jahr (8,9 kg) <sup>2</sup>	32,4 ~
Kindermilch	1,5 Jahre (10,2 kg) <sup>2</sup>	32,4 ~
Kindermilch	2 Jahre (11,5 kg) <sup>2</sup>	32,4 ~

<sup>1</sup>BfR, 2012; <sup>2</sup>WHO, 2006: Körpergewicht Mädchen P50; ´ Minimum Angabe laut Verpackungsangabe von Säuglingsanfangsnahrung; ´´ Maximum Angabe laut Verpackungsangaben von Säuglingsanfangsnahrung; \*110,8 g Pulver Folgemilch entspricht 5 Flaschenmahlzeiten, 66,5 g Pulver Folgemilch entspricht 3 Flaschenmahlzeiten und 22,2 g Pulver Folgemilch entspricht 1 Flaschenmahlzeit; ~ Für Kindermilch werden pro Tag maximal 2 Flaschenmahlzeiten empfohlen, dies entspricht 32,4 g Pulver Kindermilch; g = Gramm, kg = Kilogramm



## 5.4.1 Glycidol

In Tabelle 5 ist die Aufnahme von Glycidol durch Säuglingsanfangsnahrung dargestellt. Diese Expositionsabschätzung wurde für Frühgeborene, Neugeborene, sowie Säuglinge im 4. und 6. Lebensmonat durchgeführt.

Tabelle 5: Aufnahme & Risikocharakterisierung von Glycidol durch den Verzehr von Säuglingsanfangsnahrung: von Frühgeborenen bis zum 6. Lebensmonat (MB)

Lebensalter (KG)		Pulvermenge (g pro Tag)	Tägliche Glycidol Aufnahme durch Pulver (µg/kg KG/Tag)	MOE bei durchschn. Glycidol Aufnahme (MB MW)
			bei MB <b>MW</b> Glycidol- Gehalt im Pulver (µg/kg) von <b>8,2</b>	
Frühgeborene (1,5 kg) <sup>1</sup>		36	0,20	51829
0 Monate (3,3 kg) <sup>2</sup>	Min.	44	0,11	99293
	Max.	92,4	0,23	44425
4 Monate (6,4 kg) <sup>2</sup>	Min.	107,5	0,14	74056
	Max.	132	0,17	60310
6 Monate (7,3 kg) <sup>2</sup>	Min.	92,4	0,10	98274
	Max.	120,4	0,14	75419

<sup>1</sup>BfR, 2012; <sup>2</sup>WHO, 2006; KG = Körpergewicht; Min. = Minimum, Max. = Maximum; SAN = Säuglingsanfangsnahrung; MW = Mittelwert; MB = Medium Bound-Ansatz; P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil, MOE = Margin of Exposure,

Wie bereits beschrieben, wird Glycidol als wahrscheinlich krebserregend und erbgutschädigend eingestuft. Daher sollte die Aufnahme davon so gering wie möglich sein. Für diese Substanz kann keine täglich duldbare Aufnahmemenge festgelegt werden, bei der negative Folgen für die menschliche Gesundheit auszuschließen sind. Stattdessen wird ein von der EFSA vorgeschlagenes Bewertungskonzept basierend

auf einem Sicherheitsabstand angewendet (Margin of Exposure – MOE). Dieses bestimmt den Abstand zwischen der Menge an aufgenommenem Glycidol und einer im Tierversuch festgestellten Menge bei welcher eine gesundheitliche Beeinträchtigung hervorgerufen wurde. Ab einem Sicherheitsabstand von  $\geq 25.000$  wird das gesundheitliche Risiko als „risk of low health concern“ eingestuft (EFSA, 2016a).

In Tabelle 5 ist die Expositionsabschätzung von Glycidol für Frühgeborene, Neugeborene, Säuglinge im 4. Lebensmonat und Säuglinge im 6. Lebensmonat durch den Verzehr von Säuglingsanfangsnahrung dargestellt. Es wurden von der AGES 126 Proben Säuglingsanfangsnahrung (Pulver) untersucht und der durchschnittlich gemessene Glycidol-Gehalt beträgt  $8,2 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Medium Bound Mittelwert). Diese Konzentration wurde für die Expositionsabschätzung herangezogen, mit den Verzehrangaben verknüpft, und auf das Körpergewicht der sensiblen Personengruppen bezogen. Für die Risikobewertung von Glycidol wird, wie bereits weiter oben beschrieben, der MOE-Ansatz herangezogen. Ist der Sicherheitsabstand über  $25.000$  wird das gesundheitliche Risiko als „risk of low health concern“ eingestuft. Bei der durchgeführten Expositionsabschätzung für Frühgeborene, Neugeborene und Säuglinge im 4. und 6. Lebensmonat ist der MOE im Bereich von  $44425 - 99293$ . Es liegt somit ein Sicherheitsabstand vor, bei dem das gesundheitliche Risiko als „*risk of low health concern*“ beschreiben wird.

In Tabelle 6 ist die Expositionsabschätzung von Glycidol in Folgenahrung dargestellt. AGES untersuchte 105 Proben Folgemilch und die durchschnittliche Konzentration an Glycidol beträgt  $6,46 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Medium Bound). Mit diesem Glycidol-Gehalt wurden Berechnungen für einen Verzehr von 5 Flaschenmahlzeiten, 3 Flaschenmahlzeiten und einer Flaschenmahlzeit pro Tag von Säuglingen im 6., 8. und 12. Lebensmonat durchgeführt. Auch hier sollte der Sicherheitsabstand, bezogen auf den MOE-Ansatz,  $\geq 25.000$  sein.

Die Berechnungen ergeben, dass der MOE bei allen Personengruppen über  $25.000$  liegt. Es ist erkennbar, je älter die Kleinkinder sind, umso höher ist das Körpergewicht und umso niedriger ist der Verzehr von Folgenahrung, da um das 6. Lebensmonat die Beikost Einführung beginnt und somit der Verzehr von Folgenahrung abnimmt. In Folge wird der Sicherheitsabstand immer größer. Dieser liegt bei den durchgeführten Berechnungen im Bereich von  $103388 - 629106$ . Das gesundheitliche Risiko wird somit als „risk of low health concern“ eingestuft.

Tabelle 6: Aufnahme und Risikocharakterisierung von Glycidol durch den Verzehr von Folgenahrung: vom 6. Lebensmonat bis ins 12. Lebensmonat (Medium Bound)

Lebensalter (KG) <sup>2</sup>	Anzahl an Flaschenmahlzeiten/ Tag	Pulvermenge (g/ Tag)*	Tägliche Glycidol Aufnahme durch Pulver (µg/kg KG/Tag)	MOE bei durchschn. Glycidol Aufnahme (MB MW)
			bei MB <b>MW</b> Glycidol-Gehalt im Pulver (µg/kg) von <b>6,5</b>	
6 Monate (7,3 kg)	5	110,8	0,10	103388
8 Monate (7,9 kg)	3	66,5	0,05	186420
12 Monate (8,9 kg)	1	22,2	0,02	629106

<sup>2</sup>(WHO, 2006); KG = Körpergewicht, MW = Mittelwert; MB = Medium Bound-Ansatz; P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil, MOE = Margin of Exposure

In Tabelle 7 ist die Expositionsabschätzung von Glycidol in Kindermilch für Kleinkinder im Alter von einem, 1,5 und 2 Jahren dargestellt. Die AGES untersuchte 8 Proben Kindermilch (Pulver) und die durchschnittliche Glycidol-Konzentration (Medium Bound) beträgt 2,1 µg/kg. Da eine Verzehrsmenge von bis zu 32,4 g Kindermilch Pulver von Herstellern empfohlen wird, wird für alle drei Altersstufen mit dieser Menge gerechnet. Der Margin of Exposure liegt bei allen drei Personengruppen deutlich über 25.000 und das gesundheitliche Risiko wird folglich als „risk of low health concern“ eingestuft.

Tabelle 7: Aufnahme und Risikocharakterisierung von Glycidol durch den Verzehr von Kindermilch: 1. Lebensjahr bis 2. Lebensjahr (Medium Bound)

Lebensalter (KG) <sup>2</sup>	Pulvermenge (g pro Tag)*	Tägliche Glycidol Aufnahme durch Pulver (µg/kg KG/Tag)	MOE bei durchschn. Glycidol Aufnahme (MB MW)
		bei MB <b>MW</b> Glycidol-Gehalt im Pulver (µg/kg) von <b>2,14</b>	
1 Jahr (8,9 kg)	32,4	0,008	1334215
1,5 Jahre (10,2 kg)	32,4	0,007	1529101
2 Jahre (11,5 kg)	32,4	0,006	1723986

<sup>2</sup>WHO, 2006; KG = Körpergewicht, MW = Mittelwert; MB = Medium Bound Ansatz; P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil, MOE = Margin of Exposure

#### 5.4.2 3-MCPD

---

3-MCPD gilt als möglicherweise krebserregend für den Menschen. Für 3-MCPD gilt eine tägliche duldbare Aufnahmemenge (TDI) von 0,8 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag. Diese Menge kann ein Leben lang täglich aufgenommen werden, ohne dass sich daraus negative Folgen für die menschliche Gesundheit ergeben.

In Tabelle 8 ist die Aufnahme von 3-MCPD durch Säuglingsanfangsnahrung dargestellt. Die Expositionsabschätzung wurde für Frühgeborene, Neugeborene ab der Geburt, und Säuglinge im 4. und 6. Lebensmonat durchgeführt.

Tabelle 8: Aufnahme & Risikocharakterisierung von 3-MCPD durch den Verzehr von Säuglingsanfangsnahrung: von Frühgeborenen bis ins 6. Lebensmonat (Medium Bound)

Lebensalter (KG)		Pulvermenge (g pro Tag)*	Tägliche 3-MCPD Aufnahme durch Pulver ( $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ )	TDI Auslastung in % bei durchschn. Aufnahme 3-MCPD (MB MW)
			bei MB <b>MW</b> 3-MCPD- Gehalt im Pulver ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) von  <b>53,7</b>	
Frühgeborene (1,5 kg) <sup>1</sup>		36	0,20	9,84
0 Monate (3,3 kg) <sup>2</sup>	Min.	44	0,72	35,80
	Max.	92,4	1,50	75,18
4 Monate (6,4 kg) <sup>2</sup>	Min.	107,5	0,90	45,10
	Max.	132	1,11	55,38
6 Monate (7,3 kg) <sup>2</sup>	Min.	92,4	0,68	33,99
	Max.	120,4	0,89	44,28

<sup>1</sup>BfR, 2012; <sup>2</sup>WHO, 2006; KG = Körpergewicht; MW = Mittelwert; MB = Medium Bound Ansatz; P95 = 95tes Perzentil, TDI = Tolerable Daily Intake – tägliche duldbare Aufnahme

Es wird mit dem durchschnittlichen Gehalt von 53,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  3-MCPD im Pulver von Säuglingsanfangsnahrung (Medium Bound) gerechnet. Dieser basiert auf 127 untersuchten Lebensmittelproben der AGES. Für die Berechnungen wurden die empfohlenen niedrigsten und höchsten Verzehrsmengen herangezogen.

Der TDI wird bei allen durchgeführten Berechnungen nicht zu 100 % ausgelastet. Die höchste Auslastung des TDIs von 75,18 % ist bei Neugeborenen mit der maximal empfohlenen Verzehrsmenge von 92,4 g Pulver an Säuglingsanfangsnahrung. Bei allen anderen Berechnungen wird der im Bereich von 9,84 % - 55,38 % ausgeschöpft.

In Tabelle 9 ist die Expositionsabschätzung von Säuglingen ab dem 6. Lebensmonat bis zum 12. Lebensmonat des Kontaminanten 3-MCPD durch den Verzehr von Folgenahrung dargestellt.

Tabelle 9: Aufnahme & Risikocharakterisierung von 3-MCPD durch den Verzehr von Folgenahrung: vom 6. Lebensmonat – 12. Lebensmonat (Medium Bound)

Lebensalter (KG) <sup>2</sup>	Anzahl an Flaschenmahlzeiten/ Tag	Pulvermenge (g pro Tag)*	Tägliche 3-MCPD Aufnahme durch Pulver (µg/kg KG/Tag)	TDI Auslastung in % bei durchschn. Aufnahme 3-MCPD (MB MW)
			bei MB <b>MW</b> 3-MCPD-Gehalt im Pulver (µg/kg) von <b>35,4</b>	
6 Monate (7,3 kg)	5	110,8	0,54	27
8 Monate (7,9 kg)	3	66,5	0,30	15
12 Monate (8,9 kg)	1	22,2	0,09	4

<sup>2</sup>(WHO, 2006); KG = Körpergewicht, MW = Mittelwert; MB = Medium Bound-Ansatz; P95 = 95<sup>tes</sup> Perzentil; TDI = Tolerable Daily Intake – tägliche duldbare Aufnahme

Auch hier wird der Verzehr von 5 Flaschenmahlzeiten, 3 Flaschenmahlzeiten und einer Flaschenmahlzeit dargestellt. Die AGES untersuchte 105 Proben Folgemilch auf 3-MCPD und die durchschnittliche Konzentration beträgt 35,4 µg/kg (Medium Bound). Auf Basis dieser Daten wurde die Expositionsabschätzung durchgeführt. Der TDI wird zu 27 %, 15 % und 4 % ausgeschöpft.

In Tabelle 10 ist die Expositionsabschätzung von Kleinkindern mit einem Jahr, 1,5 und 2 Jahren des Kontaminanten 3-MCPD durch den Verzehr von Kindermilch dargestellt.

Tabelle 10: Aufnahme & Risikocharakterisierung von 3-MCPD durch den Verzehr von Kindermilch: vom 1. Lebensjahr – 2. Lebensjahr (Medium Bound)

Lebensalter (KG) <sup>2</sup>	Pulvermenge (g pro Tag)*	Tägliche 3-MCPD Aufnahme durch Pulver (µg/kg KG/Tag)	TDI Auslastung in % bei durchschn. Aufnahme 3-MCPD (MB MW)
		bei MB <b>MW</b> 3-MCPD-Gehalt im Pulver (µg/kg) von <b>24,8</b>	
1 Jahr (8,9 kg)	32,4	0,090	5
1,5 Jahre (10,2 kg)	32,4	0,079	4
2 Jahre (11,5 kg)	32,4	0,070	3

<sup>2</sup>(WHO, 2006); KG = Körpergewicht, MW = Mittelwert; MB = Medium Bound-Ansatz; P95 = 95tes Perzentil; TDI = Tolerable Daily Intake – tägliche duldbare Aufnahme

In diesem Alter ist der Verzehr dieser Pulverernahrung bereits geringer und das Körpergewicht im Vergleich zu den ersten Lebensmonaten deutlich höher, folglich ist die TDI-Auslastung sehr niedrig. Bei den durchgeführten Berechnungen beträgt die Ausschöpfung des TDIs 5 %, 4 % und 3 %.

### 5.4.3 2-MCPD

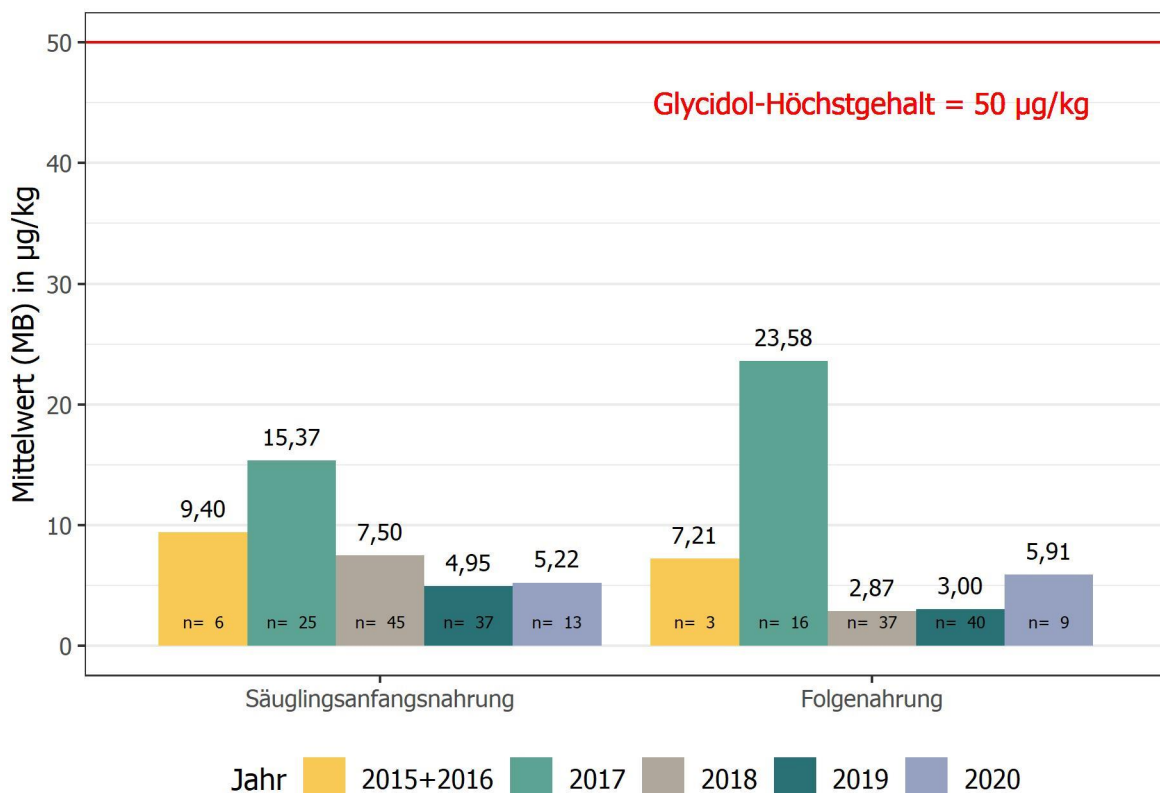
---

Da für 2-MCPD und dessen Ester auf Basis fehlender toxikologischer Kennzahlen, keine Risikobewertung durchführbar ist, wird keine Expositionsabschätzung dargestellt.

## 6 Entwicklung über die Jahre 2015 – 2020

Die AGES hat in den Jahren 2015 bis 2020 insgesamt 126 Proben Säuglingsanfangsnahrung (Pulver) und 105 Proben Folgenahrung (Pulver) auf Glycidol analysiert. In Abbildung 4 sind die Messergebnisse (Mittelwert und Medium Bound-Ansatz) nach Jahren dargestellt. Auf Grund der geringen Probenanzahl in den Jahren 2015 und 2016 wurden diese zusammengefasst. Es ist ersichtlich, dass im Jahr 2017 die Glycidol - Konzentration am Höchsten war und in den darauffolgenden Jahren gesunken ist. Im Jahr 2020 ist eine leichte Erhöhung bei der Säuglingsanfangsnahrung erkennbar und eine stärkere Erhöhung bei Folgenahrung. In diesem Jahr ist allerdings die Probenanzahl geringer als in den Jahren 2017, 2018 und 2019.

Abbildung 4: Glycidol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung über die Jahre 2015 - 2020

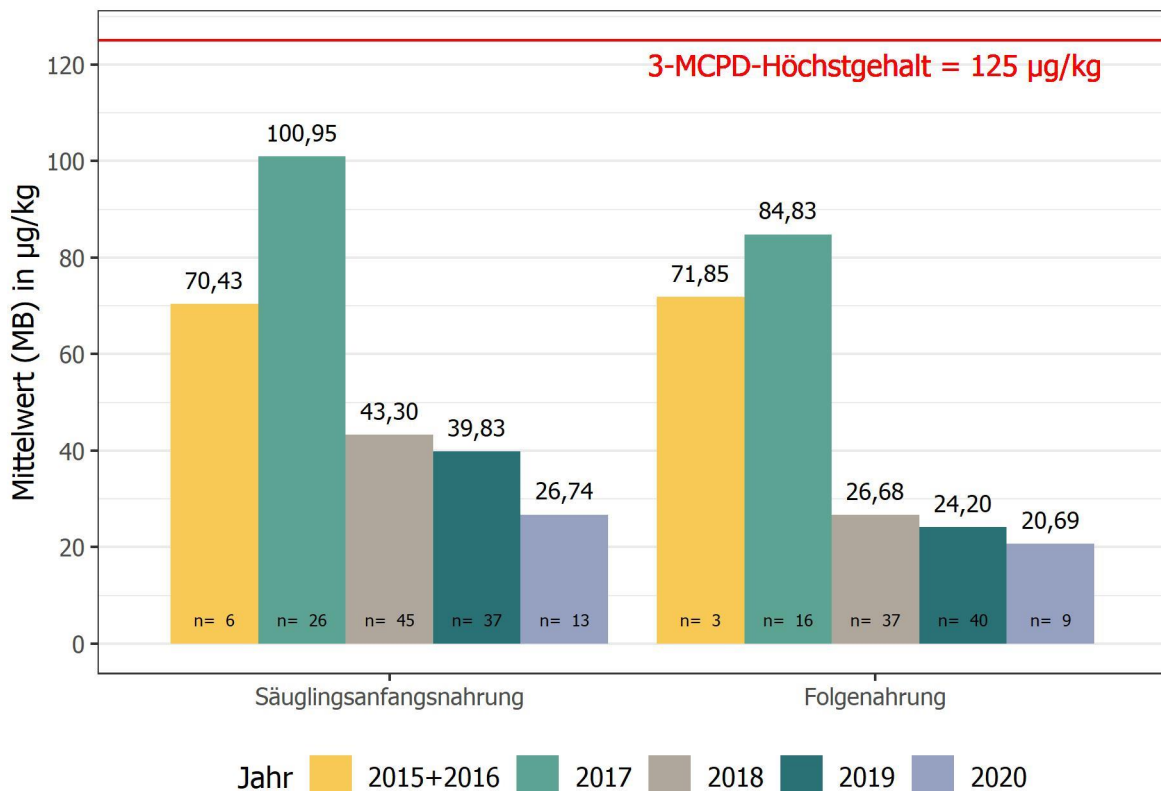


Über die Jahre 2015 – 2020 untersuchte die AGES 127 Proben Säuglingsanfangsnahrung (Pulver) und 105 Proben Folgenahrung (Pulver) auf 3-MCPD. In Abbildung 5 sind die Messergebnisse (Mittelwert und Medium Bound-Ansatz) nach Jahren dargestellt. Auf Grund der geringen Probenanzahl in den Jahren 2015 und 2016 wurden diese zusammengefasst. Auch hier ist, wie beim



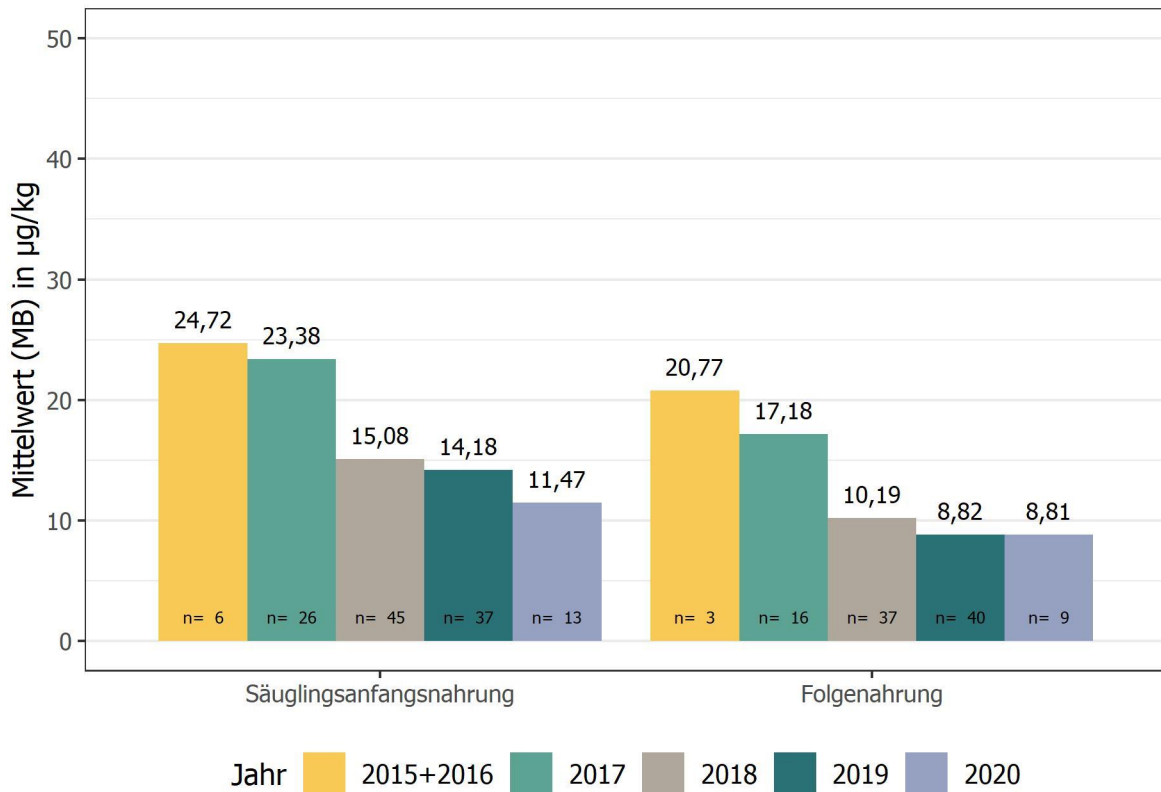
Kontaminanten Glycidol, ersichtlich, dass im Jahr 2017 die 3-MCPD - Konzentration am Höchsten war. In diesem Jahr beträgt die Konzentration in Säuglingsanfangsnahrung 100,95 µg/kg und in Folgenahrung 84,83 µg/kg und im Jahr 2018 fallen diese auf 43,30 µg/kg und 26,68 µg/kg ab. In den darauffolgenden Jahren ist weiterhin ein Rückgang des Prozesskontaminanten 3-MCPD ersichtlich.

Abbildung 5: 3-MCPD (µg/kg) in Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung über die Jahre 2015 - 2020



Über die Jahre 2015 – 2020 untersuchte die AGES 127 Proben Säuglingsanfangsnahrung (Pulver) und 105 Proben Folgenahrung (Pulver) auf 2-MCPD. In Abbildung 6 sind die Messergebnisse (Mittelwert und Medium Bound-Ansatz) nach Jahren dargestellt. Auf Grund der geringen Probenanzahl in den Jahren 2015 und 2016 wurden diese zusammengefasst. In dieser Abbildung ist eine kontinuierliche Reduktion des Prozesskontaminanten über die Jahre ersichtlich. In den Jahren 2019 und 2020 liegen die durchschnittlichen 2-MCPD Gehalte in Folgenahrung im selben Bereich.

Abbildung 6: 2-MCPD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung über die Jahre 2015 - 2020



In den Abbildungen 4, 5 und 6 ist eine Reduktion der Prozesskontaminanten Glycidol, 3-MCPD und 2-MCPD über die Jahre 2015 bis 2020 ersichtlic. Es ist jedoch anzumerken, dass die Probenanzahl nicht ausgewogen ist. Eine ausgeglichene und hohe Probenanzahl ist für eine genaue Aussage erforderlich.

## 7 Unsicherheiten

Im Zuge einer Risikobewertung können Unsicherheiten bei der Gefahrencharakterisierung, den Auftretensdaten, Verzehrdaten und in Folge auch bei der Expositionsabschätzung auftreten. In Tabelle 11 und Tabelle 12 sind alle Unsicherheiten angegeben. Die Berücksichtigung der Unsicherheiten kann zu einer Über bzw. Unterschätzung des Risikos führen.

Tabelle 11: Qualitative Evaluierung des Einflusses der Unsicherheiten Glycidol

Quelle der Unsicherheit	Richtung
<b>Gefahrencharakterisierung</b>	
Verwendung eines Margin of Exposure und somit Risikobewertung auf Basis eines Sicherheitsabstandes	+/-
<b>Auftretensdaten</b>	
Daten basieren auf Schwerpunktaktionen, daher gezielte Probennahme	+
Daten unter der Bestimmungsgrenze, daher Verwendung des Medium Bound - Ansatzes	+/-
Geringe Probenanzahl von Kindermilch und Beikost	-
<b>Verzehrsdaten</b>	
Verzehrmengen basieren auf Angaben von Hersteller (Verpackungsangaben auf Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung und Kindermilch)	+/-
<b>Expositionsabschätzung</b>	
Nichtberücksichtigung von Lebensmittelkategorien für die zu wenige und keine Auftretensdaten vorliegen (z.B. Beikost, Lebensmittel ausgelobt für Kinder)	-

+ = Unsicherheiten die zu einer Überschätzung der Exposition führen können

- = Unsicherheiten die zu einer Unterschätzung der Exposition führen kann

+/- = die Unsicherheit kann entweder zu einer Über oder Unterschätzung der Exposition führen.

Tabelle 12: Qualitative Evaluierung des Einflusses der Unsicherheiten auf 3-MCPD

Quelle der Unsicherheit	Richtung
<b>Gefahrencharakterisierung</b>	
Bei der Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwerts (TDI) wurde ein Unsicherheitsfaktor von 100 verwendet (für 3-MCPD)	+/-
<b>Auftretensdaten</b>	
Daten basieren auf Schwerpunktaktionen, daher gezielte Probennahme	+
Daten unter der Bestimmungsgrenze, daher Verwendung des Medium Bound - Ansatzes	+/-
Geringe Probenanzahl von Kindermilch und Beikost	-
<b>Expositionsabschätzung</b>	
Nichtberücksichtigung von Lebensmittelkategorien für die zu wenige bzw. keine Auftretensdaten vorliegen (z.B. Beikost, Lebensmittel ausgelobt für Kinder)	-

+ = Unsicherheiten die zu einer Überschätzung der Exposition führen können

- = Unsicherheiten die zu einer Unterschätzung der Exposition führen kann

+/- = die Unsicherheit kann entweder zu einer Über oder Unterschätzung der Exposition führen.

Für 2-MCPD wurde keine Expositionsabschätzung durchgeführt, da auf Grund fehlender toxikologischen Studien keine Bewertungsmöglichkeit gegeben ist. Die Nichtberücksichtigung dieses Prozesskontaminanten und die Summe aller Unsicherheiten bei der Bewertung von Glycidol und 3-MCPD (Tabelle 11 und Tabelle 12) führen tendenziell zu einer Unterschätzung des Risikos. An dieser Stelle soll allerdings nochmals festgehalten werden, dass die durchschnittlich gemessenen Konzentrationen an Glycidol, 3-MCPD und 2-MCPD in Säuglings- und Kindernährmitteln als niedrig anzusehen sind.

## 8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

---

Säuglings- und Kindernährmittel werden von den sensibelsten Personengruppen konsumiert. Eine möglichst niedrige Aufnahme dieser Prozesskontaminanten hat für diese vulnerablen Gruppen oberste Priorität. Daher wurden in dieser Risikobewertung speziell für Säuglinge und Kleinkinder Expositionsabschätzungen durch den Konsum von Säuglingsanfangs- und Folgenahrung sowie Kindermilch durchgeführt.

Seit Veröffentlichung der Scientific Opinion der EFSA im Jahre 2016 wurden seitens der Lebensmittelunternehmer und Hersteller Maßnahmen zur Reduzierung der Prozesskontaminanten Glycidol, 3-MCPD und 2-MCPD eingeleitet und umgesetzt. Diese Maßnahmen basieren auf der Optimierung von Produktions- und Herstellungsverfahren. Auf politischer Ebene wurden durch die Festsetzung von EU-Höchstgehalten und durch die verstärkte Kontrolle von Lebensmitteln auf nationaler Ebene weitere Maßnahmen zur Minimierung ergriffen. Diese Maßnahmen setzungen zeigten bereits erste Wirkung in den Warengruppen Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung.

Die Untersuchungsergebnisse der AGES über die Jahre 2015 – 2020 zeigen in Säuglings- und Kindernährmitteln niedrige durchschnittliche Konzentrationen an Glycidol, 3-MCPD und 2-MCPD. Es gab kaum Überschreitungen der Höchstgehalte für Glycidol und 3-MCPD.

Die Expositionsabschätzung für Glycidol ergibt einen ausreichenden Sicherheitsabstand (MOE: 44425 – 1723986) und es besteht somit ein „risk of low health concern“. Die Ergebnisse der 3-MCPD Berechnungen wurden dem TDI gegenübergestellt und dieser wird zu 3 % bis 75 % ausgelastet. Auf Basis dieser Daten besteht somit kein gesundheitliches Risiko. Da für 2-MCPD keine

toxikologischen Kennzahlen existieren ist keine Risikobewertung möglich und somit wurde keine Expositionsabschätzung durchgeführt.

Es wird weiterhin empfohlen, dass die AGES wie bisher das Untersuchungsprogramm fortführt und Säuglings- und Kindernährmittel analysiert. Säuglingsanfangsnahrung ist für nicht gestillte Säuglinge die einzige Ernährungsalternative und bedarf somit besonderer Aufmerksamkeit.

Die Daten der AGES werden jährlich im Rahmen der EFSA-Datenübermittlung an die EFSA anonymisiert übermittelt, um einen Beitrag für weitere Risikobewertungen auf europäischer Ebene zu leisten. In Folge werden diese auch von der Europäischen Kommission herangezogen, um weitere Schritte für die Reduzierung dieser Prozesskontaminanten einzuleiten.

## 9 Literatur

---

AGES, 2022: Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit: 2-MCPD, 3-MCPD und Glycidol Aktuelle Untersuchungsergebnisse relevanter Warengruppen - AGES Daten 2015 – 2020. K. Marchart, D. Hofstädter, U. Mayerhofer, K. Manner, T. Kloud, L. Pilsbacher, J. Steinwider

BfR, 2022: Bundesinstitut für Risikobewertung: Gesundheitliche Risiken durch hohe Gehalte an 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureestern in bestimmten Lebensmitteln möglich. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 005/2022 des BfR vom 26. Januar 2022. p. 61; DOI 10.17590/20200420-134029.

<https://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitsliche-risiken-durch-hohe-gehalte-an-3-mcpd-und-glycidyl-fettsaeureestern-in-bestimmten-lebensmitteln-moeglich.pdf>

BfR, 2020: Bundesinstitut für Risikobewertung: Gesundheitliche Risiken durch hohe Gehalte an 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureestern in bestimmten Lebensmitteln möglich. Stellungnahme Nr. 020/2020 des BfR vom 20. April 2020. p. 60; DOI 10.17590/20200420-134029

BfR, 2018: Bundesinstitut für Risikobewertung: Fragen und Antworten zur Kontamination von Lebensmitteln mit 3-MCPD-, 2-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureestern. FAQ des BfR vom 13. Juni 2018

BfR, 2012: Bundesinstitut für Risikobewertung: Aluminiumgehalte in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 012/2012 des BfR vom 20. April 2012. p.16. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/aluminiumgehalte-in-saeuglingsanfangs-und-folgenahrung.pdf>

BLL Toolbox, 2016: Spitzenverband der Lebensmittelwirtschaft. Toolbox zur Minimierung von 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidyl-Fettsäureestern in Lebensmitteln. p.36

EFSA, 2018a: European Food Safety Authority. Update of the risk assessment on 3-monochloropropane diol and its fatty acid esters; EFSA Journal 2018; 16(1):5083 [48 pp.].

EFSA, 2018b: European Food Safety Authority. Unbedenkliche Aufnahmemenge für 3-MCPD in pflanzlichen Ölen und Lebensmitteln revidiert; veröffentlicht 10. Jänner 2018; <https://www.efsa.europa.eu/de/press/news/180110>

EFSA, 2016a: European Food Safety Authority. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. EFSA Journal 2016; 14(5):4426 [159 pp.]

EFSA, 2016b: European Food Safety Authority. Chemicals in Food 2016. Overview of selected data collection. p.37;  
[https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate\\_publications/files/161215chemicalsinfoodreport.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/161215chemicalsinfoodreport.pdf)

Verordnung (EU) 2020/1322 der Kommission vom 23. September 2020 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte an 3-Monochloropropanediol (3-MCPD), 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidylfettsäureestern in bestimmten Lebensmitteln. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1603196171226&uri=CELEX:32020R1322>

IARC, 2000: Some Industrial Chemicals. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 77. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. pp. 469–486. <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono77.pdf>.

IARC, 2013: International Agency for Research on Cancer. 3-Monochloro-1,2-propanediol. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans 101: 349-374.  
<https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol101/mono101-010.pdf>.

JECFA, 2017: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain contaminants in food - Eighty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 74-106.

LMSB, 2020: Lebensmittelsicherheitsbericht 2020 – Zahlen, Daten, Fakten aus Österreich; Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK) AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH. ISBN 3-85010-652-7  
[https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/lebensmittel/lebensmittelkontrolle/LMSB\\_2020\\_3.pdf?83ipqe](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/lebensmittel/lebensmittelkontrolle/LMSB_2020_3.pdf?83ipqe)

WHO, 2006: World Health Organisation. Weight-for-age. Z-score Tables.  
<https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards/weight-for-age>;  
[https://www.who.int/docs/default-source/child-growth/child-growth-standards/indicators/weight-for-age/wfa-girls-0-5-percentiles.pdf?sfvrsn=1a008a84\\_4](https://www.who.int/docs/default-source/child-growth/child-growth-standards/indicators/weight-for-age/wfa-girls-0-5-percentiles.pdf?sfvrsn=1a008a84_4)



**GESUNDHEIT FÜR MENSCH, TIER & PFLANZE**

[www.ages.at](http://www.ages.at)