

HOHENTWIEL-GEWERBESCHULE SINGEN

SEMINARKURS IM THEMENBEREICH: KUNSTSTOFFE

KLASSE: TG12/3

SCHULJAHR: 2019/20

# **Bisphenol-A**

von

Jakob BOLENBACH

Betreut von Dr. GRITZO

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Eigenständigkeitserklärung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Was ist Bisphenol-A?</b>	<b>4</b>
3.1	Entstehung und Anfangszweck . . . . .	4
3.2	Hormonelle Wirkung im humanen Körper . . . . .	4
3.3	Darstellung . . . . .	4
3.4	Hersteller . . . . .	6
3.5	Freisetzung . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Vorkommen und Vermeidbarkeit</b>	<b>7</b>
4.1	Vorkommen und Verwendungszweck . . . . .	7
4.2	Vermeidbarkeit . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Politische Darstellung</b>	<b>9</b>
5.1	Bewertung der Wirtschaftlichen Vorteile und Risiken für die Umwelt . . . . .	9
5.2	Behördliche Regulierungen . . . . .	9
5.3	Interview mit Dr. Hüttenhofer . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>11</b>
6.1	Erkenntnisse der Ausarbeitung . . . . .	11
6.2	Persönliche Stellungnahme . . . . .	11
	<b>Literatur</b>	<b>12</b>

# 1 Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich *Jakob Bolenbach*, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken (dazu zählen auch Internetquellen) entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

## 2 Vorwort

Was ist Bisphenol-A, wie wird es hergestellt und wie ist es möglich, dass es eine so große Karriere als Industrie-chemikalie machen konnte, obwohl BPA ursprünglich das Sexualhormon „Östrogen“ ersetzen sollte? Auf diese und einige weitere Fragen wird in folgender Seminararbeit näher eingegangen.

Fakten und Daten, werden mit Hilfe der Literatur bewiesen. Die Seminararbeit befolgt eine strenge Chronologie, weshalb zuerst chronologisch erläutert wird was Bisphenol-A ist und darauffolgend ein Gegenwartsbezug zur Verwendung heute. Außerdem werden gegenwärtige politische Themen, darunter die wirtschaftlichen Vorteile und Risiken für die Umwelt, die Behördliche Regulierung und das Interview, welches den praktischen Teil der Seminararbeit widerspiegelt, geklärt. Abschließend folgt ein Fazit mit den Erkenntnissen der Arbeit und einer persönlichen Stellungnahme.

### 3 Was ist Bisphenol-A?

#### 3.1 Entstehung und Anfangszweck

Die britischen Biochemiker Edward Charles Dodds und Wilfrid Lawson suchten im Jahr 1936 nach Chemikalien, welche das natürliche Sexualhormon Östrogen in medizinischen Therapien ersetzen kann, da dieses noch aus dem Urin von trächtigen Stuten aufbereitet werden musste, was sehr kostenaufwendig war [Umw10]. Wie man gegenwärtig jedoch sieht, ist Bisphenol-A kein Pharmazie-Produkt, da die selben Forscher später weitaus bessere synthetische Östrogene entdeckten, weshalb Bisphenol-A im Bereich der Hormontherapie ausfiel [Wik20a].

#### 3.2 Hormonelle Wirkung im humanen Körper

Stoffe, welche wenn sie ab einer bestimmten Konzentration in ein Hormonsystem gelangen, dieses verändern und somit die Entwicklung der Embryonen stören bzw. die Fortpflanzung beeinflussen, werden *Endokrine Disruptoren* genannt. Durch das Andocken, der Stoffe an die für eigentlich natürlichen Sexualhormone vorgesehenen Rezeptoren, werden diese entweder aktiviert oder gehemmt [Umw10]. Bisphenol-A zeigt Untersuchungen zufolge, dass weibliche Sexualhormone gestärkt werden und gleichzeitig männliche Sexualhormone gehemmt werden. Im humanen Körper wird Bisphenol-A zwar sehr schnell zu Bisphenol-A-Glucuronid und Bisphenol-A-Sulfat metabolisiert und somit unschädlich gemacht, allerdings können in menschlichen Zellgeweben wie Hoden und Mutterkuchen die unmetabolisierte wirksame Form (auch freie Form genannt) freigesetzt werden [Umw10]. Diese Freisetzung führt vor allem zu einer zunehmenden Unfruchtbarkeit bei Männern. Nach Auswertungen zufolge liefern die UBA und NGO CHEM Trust Studien, wurde bei Probanden die einen erhöhten Bisphenol-A-Spiegel im Blut hatten, einen Zusammenhang mit Diabetes, Fettleibigkeit, Herz-Kreislaufproblemen und einer fehlenden Libido (Sexual-Triebe) festgestellt.

#### 3.3 Darstellung

Bisphenole werden durch die Reaktion von Phenolen mit Carbonylverbindungen (Kohlenstoffatome, welche ein doppelt gebundenes Sauerstoffatom tragen) erhalten. Bisphenol-A entsteht also durch die Reaktion von Phenol mit Aceton (Deshalb das „A“ in Bisphenol-A). Dargestellt wird es durch 2 Äquivalenten Phenol und einem Äquivalent Aceton (Abbildung 1.). Um eine höhere Ausbeute zu erhalten, wird mit einem Überschuss an Phenol gearbeitet [Mnu19]. Die Summenformel ist:  $C_{15}H_{16}O_2$ .

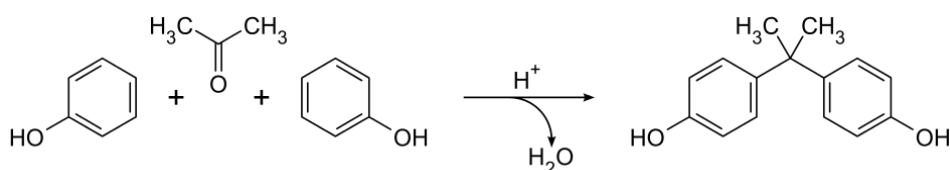


Abbildung 1: Darstellung [Wik20a]

### 3.3.1 Zwischenschritte bis zum Endprodukt

Hierbei ist von einer elektrophilen aromatischen Reaktion die Rede. Aufgrund des elektrophilen „Angriffs“ vom Formaldehyd gerät man zunächst zum Sigma-Komplex. Die folgenden Abbildungen sind alle selbsterstellt.

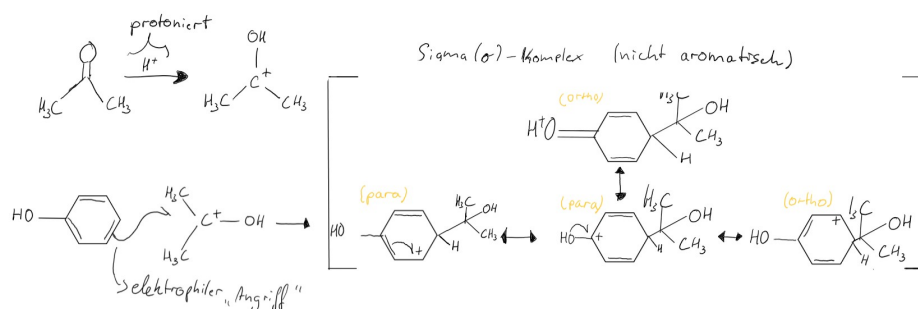


Abbildung 2: Sigma-Komplex

Die Hydroxyd(OH)-Gruppe gehört zu den Substituenten mit +M-Effekt, dieser beeinflusst stark die „Aktivierung“ der aromatischen Verbindung. Die OH-Gruppe spielt die Rolle des Dirigenten und dirigiert die Zweitsubstituenten in die para- und ortho-Stellungen. Wie man zu erkennen mag, lassen sich also dadurch vier Grenzstrukturformeln formulieren, davon jeweils zwei para- und ortho-Grenzstrukturformeln. Aufgrund der sterischen Hinderung wird nur das para-Produkt gebildet. Da der Sigma-Komplex nicht aromatisch ist, reagiert dieser durch Abspaltung eines Protons ab und es entsteht das Zwischen-Produkt 4-(2-Hydroxy-2-propyl)phenol [Mnu19]:

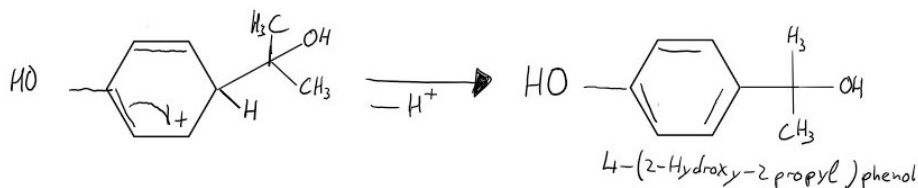


Abbildung 3: Zwischen-Produkt

Die OH-Gruppe vom erhaltenen Zwischen-Produkt wird nun protoniert und abgespalten, dies geschieht da es sich in einer „benzyllischen-Stellung“ befindet und die restliche Ladung somit erneut dank Mesomerie stabilisiert.

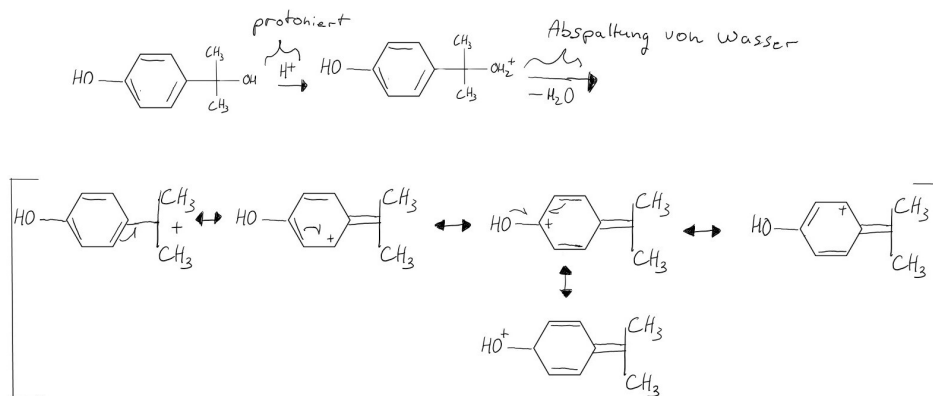


Abbildung 4: benzyllische Stellung

Dadurch entsteht wieder ein Elektrophil, dieses greift in einer ähnlichen Reaktion das zweite Phenol-Molekül an und es entsteht Bisphenol A:

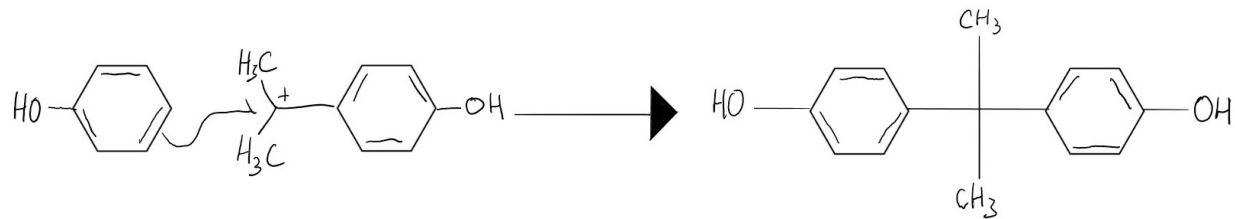


Abbildung 5: Bisphenol-A

### 3.4 Hersteller

Die weltweit größten Hersteller sind die US-Firmen „Dow Chemical“ und „Hexion Inc.“, außerdem das taiwanesisches Unternehmen „Nan Ya Plastics“ sowie „Ineos Phenol“ [Wik20a].

### 3.5 Freisetzung

Die Freisetzung von Bisphenol-A erfolgt durch eine Hydrolyse der Esterverbindungen des Bisphenol-A Moleküls[Rit11]. Bei der Hydrolyse werden die Esterverbindungen durch Reaktion mit Wasser gespalten. Diese wird durch Hitze, Säuren und Laugen beschleunigt. Ein gutes Beispiel dafür ist die Reinigung von Polycarbonat Produkten in der Spülmaschine, bei der das Wasser mit Reinigungsmittel gemischt und erhitzt wird, diese Umstände begünstigen natürlich die Freisetzung von Bisphenol-A in das Wasser und somit an jegliches anderes Geschirr. Außerdem kann auch eine Freisetzung nach mechanischen Schädigungen erfolgen, dies passiert beispielsweise bei der wiederholten, maschinellen Reinigung von Polycarbonat Flaschen.

## 4 Vorkommen und Vermeidbarkeit

### 4.1 Vorkommen und Verwendungszweck

Bisphenol-A ist eine im Alltag sehr schwer zu vermeidbare Chemikalie, wie schwer wird einem jedoch erst klar wenn man sieht in welchen Produkten es steckt. Kunststoffe, besonders die aus Epoxidharz und Polycarbonat beinhalten Bisphenol-A. Polycarbonate sind thermoplastische Kunststoffe und besitzen eine sehr hohe Festigkeit, Steifheit, Härte und Schlagzähigkeit [Umw10]. Sie sind außerdem hervorragende Isolatoren gegen elektrische Spannung. Sie zeigen eine hohe Beständigkeit gegenüber Wasser, Öle und Fette, sowie Strahlungseinflüsse. Polycarbonate sind entflammbar(erlischt jedoch nach entfernen der Zündquelle) [Umw10] und erfüllen die Anforderungen der Brandklasse B2 [Wik20a]. Aus diesem Kunststoff, werden zum Beispiel Artikel wie Plastikgeschirr hergestellt, welche einen direkten Kontakt mit Nahrungsmitteln bieten. Aber auch sicherheitstechnisch wichtige Dinge wie Motorradhelme bestehen aus Polycarbonaten. Außerdem sollte der medizinische Bereich nicht vergessen werden, bei der zum Beispiel Geräte zur Analyse aus Polycarbonaten bestehen, sowie einige Werkzeuge [Umw10]. Epoxidharze sind Kunstharze, welche sich zunächst im flüssigen Zu-



Abbildung 6: Plastikgeschirr [Wil18]

che einen direkten Kontakt mit Nahrungsmitteln bieten. Aber auch sicherheitstechnisch wichtige Dinge wie Motorradhelme bestehen aus Polycarbonaten. Außerdem sollte der medizinische Bereich nicht vergessen werden, bei der zum Beispiel Geräte zur Analyse aus Polycarbonaten bestehen, sowie einige Werkzeuge [Umw10]. Epoxidharze sind Kunstharze, welche sich zunächst im flüssigen Zu-



Abbildung 7: Konservendosen [Red08]



stand befinden und mit einem Härter (Reaktionspartner) zu duroplastischen Kunststoffen umgesetzt werden[Fra16]. „Die durch Vernetzung erzeugten Duroplaste besitzen gute mechanische Eigenschaften sowie eine gute Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit“[Wik20b]. Epoxidharze sind hochwertige, jedoch teure Kunststoffe. Epoxidharze werden größtenteils „als Kleb-,Lack- und Gießharze für Oberflächenbeschichtungen genutzt“[Fra16]. Getränke-/Konserven-Dosen können zum Beispiel innen mit Epoxidlack beschichtet sein [Bun18].

## 4.2 Vermeidbarkeit

Bisphenol-A komplett zu meiden erweist sich in unserer heutigen fortgeschrittenen Gesellschaft vor allem aus medizinischer Sicht als sehr schwer, trotzdem ist es gut möglich auf einige Bisphenol-A haltige Produkte zu verzichten bzw. einen Ersatz zu finden.

Hier einige Beispiele von [Tea18]:

- Lebensmittel in Kunststoffbehältern nicht erhitzen, da sonst dadurch Bisphenol A freigesetzt werden kann.
- Lebensmittel allgemein in Behältern bestenfalls aus Glas, Keramik oder Edelstahl lagern.
- Beim Kauf kunststoffhaltiger Produkte auf den Hinweis „BPA free“ achten.
- Polycarbonat-Produkte meiden (wird mit dem Recyclingcode RE 7 abgekürzt).
- Als Trinkflasche eine aus Glas oder unbeschichtetem Edelstahl.

Ein weiterer nennenswerter positiver Effekt, wenn man oben genannte Behältern und Trinkflaschen nutzt, ist die hervorragend funktionierende Wiederverwendbarkeit der Produkte. Und das Wiederverwenden wirkt unserer „Wegwerfgesellschaft“ entgegen, weshalb man damit auch der Umwelt positiv entgegen kommt und für mehr Nachhaltigkeit sorgt.

## 5 Politische Darstellung

### 5.1 Bewertung der Wirtschaftlichen Vorteile und Risiken für die Umwelt

Der einzige jedoch ausschlaggebende Vorteil, welcher der Stoff Bisphenol-A mit sich bringt, sind die Produkte, in denen Bisphenol-A eine Rolle spielt. Vorallem wie schon im Abschnitt 4.1 erwähnt, sind es die Polycarbonat und Epoxidharz Produkte, welche mittlerweile nicht mehr aus dem Alltag weg zu denken sind. Da Ersatzstoffe meist teurer in der Produktion sind und es noch nicht ganz klar ist ob Ersatzstoffe keine Risiken darstellen. Da zum Beispiel der Ersatzstoff Bisphenol-S laut einer kritisch zu betrachtenden Forschung ein endokrines Potenzial besitzt[Haa18] stellt das keine optimale Lösung dar. Laut der Quelle [Fra16] lässt sich schon seit den 70er Jahren Bisphenol-A in Gewässern und Flüssen auffinden, sowie ein erhöhtes Vorkommen in den letzten Jahren. Wie in behördlichen Messungen ausführlich beschrieben wird, ist das Vorkommen von Bisphenol-A in der Umwelt unwiderlegbar. Bis zu einem Grenzwert an Bisphenol-A ist es weitgehend nicht schädlich für Mensch und Umwelt. Das Problem hierbei ist jedoch das dieser Grenzwert immer wieder aufgrund von mangel an Information neu bestimmt wird. Dieser Mangel an Information zeigt sich auch in der Risiko-Bewertung von Bisphenol-A, da sich keine abschließende Beurteilung abgeben lässt wie hoch das Risiko genau für die Umwelt ist. Laut einer Neubewertung der EFSA am 21.Januar 2015 sei bei derzeitigem Verbrauch kein Gesundheitsrisiko vorhanden, jedoch sagen die folgenden Regulierungen etwas anderes aus.

### 5.2 Behördliche Regulierungen

Datum	Staat(en)	Regulierung/Entscheid
Februar 2009	Schweiz	Bisphenol-A stellt bei der Einnahme durch Lebensmittel kein Risiko dar.
März 2009	Australien und Neuseeland	Bisphenol-A nicht mehr in Babyflaschen.
Anfang 2010	Frankreich	Verbot in Babyflaschen.
1. März 2011	Europäische Union	Verbot für Produktion und ab 1. Juni auch der Verkauf von Babyflaschen die Bisphenol-A enthalten.
Ab 2013	Frankreich	Verbot in Lebensmittelverpackungen für unter 3 Jahre alte Kinder
2014	Frankreich	Einreichen eines Restriktionsdossier für Thermopapier
Ab 2015	Frankreich	Verbot in Lebensmittelverpackungen jeglicher Art
2017	Schweiz	Verbot von Polycarbonat-Babyflaschen
1. März 2018	Europäische Union	Einstufung als reproduktionstoxisch: 1B
ab 2020	Europäische Union	Verbot für die Verwendung von Bisphenol-A als Beschichtung von Thermopapieren

Die Daten wurden von [Wik20a] entnommen.

Wie in der Tabelle gut zu sehen ist, erweist sich Frankreich, wenn es um die Regulierung geht als Vorbildlich. Überraschend ist zu sehen, dass die Schweiz als letztes reagiert hat und erst 2017 ein Verbot für Polycarbonat-Babyflaschen erteilt hat. Deutschland wurde speziell nicht erwähnt, da Deutschland sich immer den Vorgaben der Europäischen Union angepasst hat. Der Stoff Bisphenol-A wurde 2017 außerdem in die Kandidatenliste der REACH aufgenommen, langfristig soll diese Aufnahme das Ziel den Stoff zu ersetzen fördern. Die Aufnahme in die Liste der besorgniserregenden Stoffe (Kandidatenliste), sollte nicht mit der Liste der zulassungspflichtigen Stoffe verwechselt werden, da dies bei Bisphenol-A (stand 22.03.2020) noch nicht der Fall ist.

### 5.3 Interview mit Dr. Hüttenhofer

Fragen	Antworten
Sie haben im Gebiet der Kunststoffe (Katalysatoren) studiert, wie sind Sie zum Entschluss gekommen sich politisch zu äußern?	Er sei schon immer politisch interessiert gewesen, jedoch ist er erst seit 3 Jahren Mitglied einer Partei (die Grünen) Partei ergriffen, hat er weil er sich immer stärker dazu gedrängt fühlte mit seinem Fachwissen weiter zu helfen.
Würden Sie mit dem jetzigen Wissen darüber, was Kunststoffe anrichten können trotzdem wieder in diesem Bereich studieren?	„Ja, jedoch bestimmte Forschung nicht im Auftrag von ethnischen "no go's". Polymerwerkstoffe werden wir immer brauchen. Durch die Kreislaufwirtschaft kann man sie wieder abbauen, sprich man sollte sie recyceln. Das Problem ist nicht die Forschung, sondern der Umgang, weshalb man mehr chemische Prozesse für umweltfreundlichere Stoffe machen sollte.“
Was sagen Sie zur Situation in Australien (Waldbrände)?	„Der Ursprung von einem Waldbrand ist multikausal die Intensität wird jedoch klar durch den Klimawandel verstärkt.“
BPA war ursprünglich als ein hormoneller Stoff mit einer Östrogenen Wirkung vorgesehen, was halten Sie davon bzw. was hätte man besser machen können?	Er ist Überrascht, es zeigt eine Lücke in der Auswertung. Gegenwärtig gibt es eine Liste der "Reach" für gefährliche Stoffe.
Dieses Jahr wurde BPA in Thermopapieren für verboten erklärt, reicht dieses Verbot oder wie weit sollten Verbote ihrer Meinung nach gehen?	„Die Wirkung auf die Umwelt ist unbedenklich, weshalb man einen bestimmten Grenzwert haben sollte. Hierbei, sollte wissenschaftlich ran gegangen werden, indem man sich die Anwendungsgebiete ansieht und die Risiken von dem Nutzen abwägt. Außerdem, sollte es strenge Verbote geben um so viel wie möglich zu verbieten. Zum Beispiel sollte es im Verpackungsbereich verboten werden.“
Wie nachhaltig, sehen Sie den Umgang mit Kunststoffen in Deutschland? Und was sollte schnellstmöglich verändert werden?	„Die Menge an hergestellten Produkten ist eindeutig zu extrem und im Verbrauch sind wir Deutschen schlecht, da die Wiederverwendung meist nicht wirtschaftlich ist. Man sollte hergestellte Produkte solange wie möglich verwenden, recycling verbessern und monomere wiederherstellen – > Kreislaufwirtschaft, außerdem sollten Abgaben auf Kunststoffmüll und die CO2 Steuer ausgedehnt werden.“
Was belastet Sie in ihrer Arbeit als (Ehrenamtlicher) Politiker am meisten?	„Schon alleine das Notwendigste zu erreichen stellt eine Herausforderung, da Interessen oft emotional oder irrational sind. "Fake"news sind ein Problem. Es braucht sehr radikale Maßnahmen, jedoch bekommt dadurch weniger Wähler. Man soll das Ziel vor den Augen nicht verlieren. Die Arbeit als Politiker ist oft frustrierend.“

## **6 Fazit**

### **6.1 Erkenntnisse der Ausarbeitung**

Bisphenol-A zeigt sich als alltäglicher Begleiter in einigen damit produzierten Kunststoffen. Durch bestimmte Bedingungen löst es sich aus den Produkten und wird frei. Dadurch kann es in den menschlichen Körper gelangen und erhebliche Schäden anrichten, wie Unfruchtbarkeit beim Mann oder Fehlentwicklung von heranwachsenden Kindern. In vielen Aspekten ist der Stoff vermeidbar, jedoch genau so in einigen anderen noch nicht.

### **6.2 Persönliche Stellungnahme**

Die gefährlichen Eigenschaften von Bisphenol-A sollten nicht unterschätzt werden, weshalb ich die immer strenger werdenden Regulierungen begrüße. Bei der Frage, ob Bisphenol-A verboten werden sollte, sollte man die Risiken vom Nutzen abwägen und einen Blick in Richtung Forschung wenden, da diese ausschlaggebend für einen Ersatzstoff ist. Meiner Meinung nach würde eine Aufnahme in die Liste der zulassungspflichtigen Stoffe reichen, bis ein optimaler Ersatzstoff bei dem nachwiesen wurde, dass keine Risiken bestehen entdeckt wird.

## Literatur

- [Bun18] BUND: *Bisphenol A*. <https://www.bund.net/themen/chemie/hormonelle-schadstoffe/bisphenol-a/>. Version: 2018
- [Fra16] FRANZISKA, Kaßner: *Bisphenol A*. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-reach/stoffgruppen/bisphenol-a>. Version: 2016
- [Haa18] HAAS, Lucian: *Auch Bisphenol-A-Ersatzstoffe könnten Nebenwirkungen haben*. [https://www.deutschlandfunk.de/bpa-freie-produkte-auch-bisphenol-a-ersatzstoffe-koennten.676.de.html?dram:article\\_id=428115](https://www.deutschlandfunk.de/bpa-freie-produkte-auch-bisphenol-a-ersatzstoffe-koennten.676.de.html?dram:article_id=428115). Version: 2018
- [Mnu19] MNU: *Bisphenol A*. <https://www.mnu-bb.de/Fachbereiche/Chemie/Umwelt/bisphenol.shtml>. Version: 2019
- [Red08] REDAKTION: *Haltbarkeit von Konserven*. <https://www.meinhaushalt.at/1671-haltbarkeit-von-konserven-kuechentipps/>. Version: 2008
- [Rit11] RITTINGER, Johanna: *Neuere Ergebnisse zur Risikobewertung von Bisphenol A*. <http://othes.univie.ac.at/15007/>. Version: 2011
- [Tea18] TEAM, Utopia: *Wo Bisphenol A (BPA) enthalten ist und wie du es meidest*. <https://utopia.de/ratgeber/bisphenol-a-bpa-chemikalie-hormonelle-wirkung/>. Version: 2018
- [Umw10] *Bisphenol A - Massenchemikalie mit unerwünschten Nebenwirkungen*. Umweltbundesamt, 2010
- [Wik20a] WIKIPEDIA: *Bisphenol A*. [https://de.wikipedia.org/wiki/Bisphenol\\_A](https://de.wikipedia.org/wiki/Bisphenol_A). Version: 2020
- [Wik20b] WIKIPEDIA: *Bisphenol A*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Epoxidharz>. Version: 2020
- [Wil18] WILLOCKS, Yvonne: *Bye, bye Plastikgeschirr und Einweg-Strohhalme*. <https://www.yvonnewillocks.de/2018/06/18/bye-bye-plastikgeschirr-und-einweg-strohhalme/>. Version: 2018