

RUDOLF-DIESEL-GYMNASIUM AUGSBURG

OBERSTUFENJAHRGANG 2014/2016

SEMINARARBEIT

IM FACH

CHEMIE

THEMA:

TRANSPARENTE KUNSTSTOFFE IN DER INFORMATIONSTECHNOLOGIE

VERFASSER: TOBIAS SCHMIDT

SEMINAR: KUNSTSTOFFCHEMIE

KURSLEITERIN: FR. MÜLLERBURGER

ABGABETERMIN: 10.11.2015

PUNKTE IN DER SCHRIFTLICHEN ARBEIT: x3 =

PUNKTE IN DER PRÄSENTATION:

GESAMTPUNKTZahl:

ABGABE BEIM OBERSTUFENKOORDINATOR AM

.....
[UNTERSCHRIFT DER KURSLEITERIN]

Inhaltsverzeichnis

1 Speicherung und Weitergabe von Informationen im historischen Kontext	3
2 Optische Datenträger - Die Compact Disc	5
2.1 Geschichte	5
2.2 Funktionsweise	6
2.3 Herstellung der Compact Disc	7
2.4 Material: Polycarbonat	8
2.4.1 Vorteile von Polycarbonat gegenüber anderen Materialien	8
2.4.2 Herstellung von Polycarbonat	9
2.4.3 Versuch: Bestätigung der hohen Lichtdurchlässigkeit von PC und der einfachen Weiterverarbeitung	10
3 Optische Wellenleiter - Die polymer optische Faser	11
3.1 Funktionsweise	11
3.2 Material: Polymethylmethacrylat	11
3.2.1 Versuch: Herstellung von Polymethylmethacrylat	11
3.2.2 Vorteile von Polymethylmethacrylat gegenüber anderen Materialien	11
3.3 Brechzahlprofile	11
3.3.1 Stufenindex	11
3.3.2 Gradientenindex	11
3.4 Herstellungsverfahren	11
3.4.1 Ätzverfahren	11
3.4.2 Replikationsverfahren	11
3.4.3 Fotochemische Strukturierung	11
3.5 Vergleich zur Glasfaser	11
4 Schluss	12
5 Quellenverzeichnis	13
6 Abbildungsverzeichnis	14

1 Speicherung und Weitergabe von Informationen im historischen Kontext

Informationen speichern und weitergeben ist zentraler Bestandteil der menschlichen Kultur und führte in der Menschheitsgeschichte zu bahnbrechenden Erfindungen und laufenden Innovationen.

In der Steinzeit wurden Informationen an Höhlenwände gemalt, ab dem 3. Jahrtausend vor Christus mittels Keilschrift (siehe Abb. 1) in Steintafeln gemeißelt und in der Antike auf Papyrus gezeichnet. Mitte des 15. Jahrhunderts revolutionierte dann Gutenberg die Informationsweitergabe mit der Erfindung des Buchdrucks, der die Produktion von Büchern in hohen Stückzahlen und zu geringen Kosten möglich machte. Auch heute noch wird diese Technik für die Reproduktion von Texten verwendet.

Ende des 19. Jahrhunderts gelang es erstmals, Musik zu speichern. Hierfür wurden zunächst Schallplatten aus Hartgummi eingesetzt. Dieser wurde um 1900 dann durch eine Pressmasse abgelöst, die im Wesentlichen aus Schellack¹ (siehe Abb. 2) bestand. Auf 12 Zoll-Schellackplatten konnten Musikstücke mit ca. 4 Minuten Spielzeit pro Seite gespeichert werden. Mit dem Einsatz des Kunststoffes Polyvinylchlorid ab den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts verbesserte sich die Tonqualität von Schallplatten deutlich. Außerdem konnte längere Stücke gespeichert und wiedergegeben werden. [1]

Mit der Compact Cassette (CC, siehe Abb. 3), die 1963 auf den Markt kam, war es dann jedermann möglich, selbst Musik aufzunehmen und dauerhaft zu speichern [2]. Compact Cassetten verwenden ein Magnetband, das aus einer langen schmalen Kunststofffolie besteht, die mit einem magnetisierbaren Material beschichtet wurde [3].

In den 90er Jahren verdrängte die Compact Disc (CD) innerhalb weniger Jahren sowohl die Schallplatte als auch die Compact Cassette. Die CD zeichnet sich durch ihre hohe Speicherkapazität sowie eine geringe Fehlerquote aus und wurde deshalb zum universellen Speichermedium für Musik, Dokumente, Bilder und Filme. [4]



Abb. 1: Altpersische Keilschrift



Abb. 2: Schellackschallplatte



Abb. 3: Compact Cassette

Kunststoffe sind - wie die oben aufgeführten Beispielen zeigen - für die Informations-technologie schon jetzt unersetztbar und kommen - neben der Speicherung - auch bei der Übertragung großer Datenmengen zum Einsatz.

Sowohl für die Übertragung als auch für das Auslesen von Informationen werden Lichtsignale verwendet. Hierfür werden vermehrt transparente Materialien benötigt, die sich für den Alltagsgebrauch eignen.

¹harzige Ausscheidung von Lackschildläusen [5]

An den Beispielen der Compact Disc (siehe Abb. 4) und der polymer optischen Faser (POF, siehe Abb. 5) werden in dieser Arbeit der Einsatz von transparenten Kunststoffen in der Informationstechnologie und ihre spezielle Eignung behandelt. Dabei wird auf die Funktionsweise und Produktion von optischen Datenträgern und optischen Wellenleitern eingangen. Außerdem werden die physikalischen Eigenschaften und die Herstellung der verwendeten Kunststoffe erläutert.



Abb. 4: Compact Disc



Abb. 5: polymer optischen
Faser

2 Optische Datenträger - Die Compact Disc

2.1 Geschichte

Die Entwicklung von optischen Datenträgern mit einem laserbasiertem Auslesesystem beginnt schon in den Siebziger Jahren. 1975 bringt Philips seinen ersten optischen Datenträger auf den Markt, die Laservision Videodisc (siehe Abb. 6) soll eine Alternative zum VHS-Videosystem (siehe Abb. 7) darstellen, diese entwickelte sich aufgrund von geringen Verkaufszahlen zu einem Flop.



Abb. 6: Laservision Videodisc

Abb. 7: VHS cassette

Auf Basis der Videodisc entwickelt Philips bis 1977 die Compact Disc Digital Audio. Sie besitzt einen Durchmesser von 11,5cm und eine Spielzeit von 60min.

Ab 1979 arbeiteten die beiden Musikgiganten Philips und Sony an einem gemeinsamen CD-Standard. Man einigte sich auf einen Durchmesser von 12cm und eine 75-minütige Spielzeit. Dieser Standard ist bis heute von allen CD-Herstellern anerkannt. [6]

Nach der Einigung auf einen gemeinsamen CD-Standard führten Sony und Philips mehrere Verhandlungen mit Vertretern der großen Schallplattenproduzenten um sich die Rechte an mehr Liedern für die CD zu sichern. Die Verhandlungen scheiterten jedoch an der Skepsis der Verhandlungspartnern, da die Verkaufszahlen von Schallplatten stark zurück gingen und die CD als potentieller Konkurrent für die Schallplatte gesehen wird.

Nach den fehlgeschlagenen Verhandlungen beschlossen Philips und Sony sich vorerst auf klassische Musik zu konzentrieren. Man vermutete hier einen Kundenstamm, welcher eher bereit ist mehr Geld für eine bessere Klangqualität auszugeben.

Der Durchbruch der CD gelang während den Salzburger Festspielen im April 1981. Die beiden Konzerne konnten ein Publikum aus Musikkritikern von dem Zukunftspotential der CD überzeugen. Die Begeisterung der Kritiker erfasste ebenfalls die internationale Musikszene und bis März 1982 hatten acht Schallplattenfirmen Verträge mit Philips und Sony unterschrieben. Die Markteinführung geschieht am 17. August 1982. [7]

Die CD verdrängte die Schallplatte innerhalb weniger Jahre fast komplett vom Markt. Die Abb. 8 zeigt den Umsatz der deutschen Musikindustrie mit dem jeweiligen Produkt. Der Umsatz durch die Vinylschallplatte, 1980 noch das Umsatzstärkste Medium mit 760 Mio. Euro, sank bis 1987 erst allmählich und bis 1992 rapide. Zu diesem Zeitpunkt betrug der Umsatz mit der CD ca. 1,7 Mrd. Euro und rückte damit alle anderen Musikmedien in den Schatten. 1997 erreicht die CD ihren Rekordumsatz mit 2,3 Mrd Euro. Ab 1997 sind die Verkaufszahlen rückläufig aufgrund der Möglichkeit CDs als Privatperson zu "brennen" und dem zunehmenden legalen und illegalem Angebot im Internet.

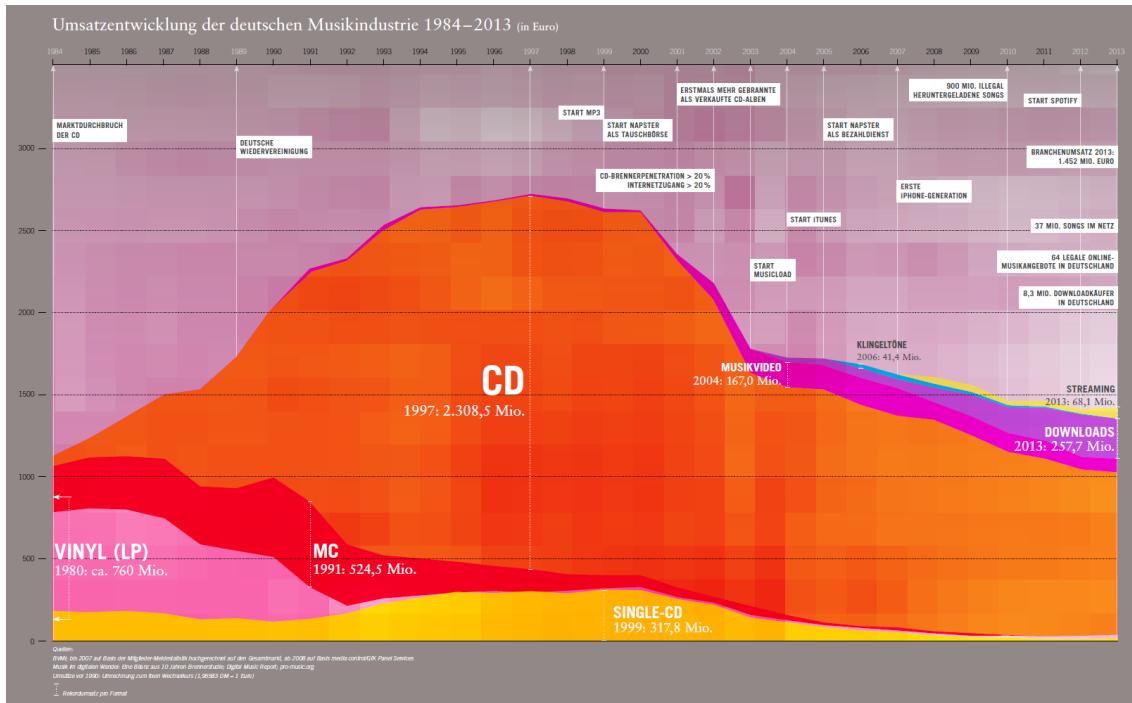


Abb. 8: Umsatzentwicklung der deutschen Musikindustrie

Trotz des damaligen relativ hohen Preise von ca. 40 Euro² pro CD, überwiegen die folgenden Vorteile des neuen Medium gegenüber der Schallplatte: [8]

- keine Kratz- oder Knacktöne
- einfache Handhabung
- höhere Unempfindlichkeit gegenüber mechanischen Einwirkungen
- direkte Anwahl von Titeln

2.2 Funktionsweise

Die Compact Disc besteht aus einer Polycarbonatscheibe und einer 40-80nm dicken zumeist aus Aluminium bestehenden Reflexionsschicht. Zusätzlich gibt es noch eine 10-20µm dicke Lackschicht welche die Reflexionsschicht schützt. Zusammengenommen ergibt dies eine Höhe von ca. 1,2mm wie man in Abb. 9 erkennen kann. Außerdem lässt sich eine Einbuchtung(*pit*), welche sich von der Grundebene(*land*) abhebt, erkennen. [9]

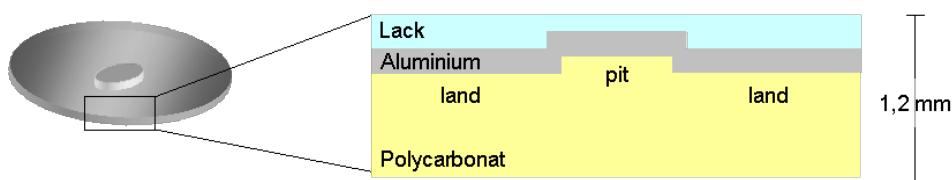


Abb. 9: Querschnitt einer CD (Skizze)

²unter Berücksichtigung der Inflation

Die Abtasteinheit, welche aus einem Laser und einem Photodetektor besteht, liest spiralförmig von innen nach außen die Informationen auf der CD aus. Dafür wandelt der Photodetektor das von der Reflexionsschicht zurückgeworfene Laserlicht in Strom um, wobei die Stromstärke abhängig von der Lichtintensität ist. Eine Abnahme der Lichtintensität kann man beim Überstreifen des Laserstrahls von einem *pit* erkennen und resultiert in einer Abnahme der Stromstärke. Da der Durchmesser des Laserstrahls größer ist als die Pitbreite (siehe Abb. 10) trifft dieser nur teilweise auf den *pit*. Der Rest des Lichtes trifft mit geringer Verzögerung auf den Umgebenden *land*. Die Verschiebung der Strahlen gegeneinander, welche man in Abb. 11 erkennen kann, resultiert in einer Intensitätsabnahme bedingt durch die teilweise Auslöschung des Laserlichtes aufgrund der destruktiven Interferenz³. Abb. 12 zeigt einen möglichen Stromstärkenverlauf. Die Übergänge zwischen *pit* und *land* wird der Binärwert 1 zugewiesen. Dies entspricht dem Schnittpunkt zwischen dem Mittelwert und dem Graph der Stromstärke in Abb. 12. [10]

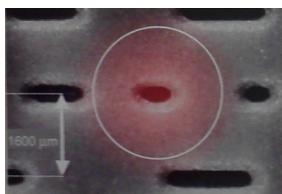


Abb. 10: Laserlicht auf einem *pit* unter einem Rasterelektronenmikroskop

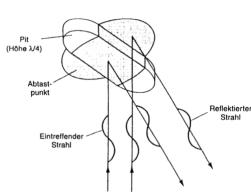


Abb. 11: destruktive Interferenz von Laserlicht bei einem *pit* (Skizze)

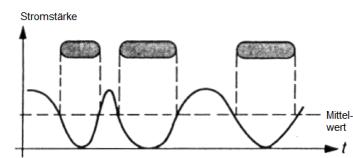


Abb. 12: Stromstärkenverlauf

2.3 Herstellung der Compact Disc

Die Herstellung einer CD beginnt mit der Anfertigung einer Glasmatrize. Diese besteht aus einer Glasplatte und einer Fotolackschicht, welche die Pitstruktur enthält. Aus dieser wird daraufhin eine Metallmatrix gefertigt, welche für das Spritzgussverfahren verwendet wird. Dabei wird die Matrize in das flüssige Polycarbonat gepresst. Dadurch überträgt sich die Pitstruktur, wie in Abb. 13, auf die Polycarbonatscheibe. Auf diese wird anschließend das Aluminium aufgedampft, um die Reflexionsschicht zu erhalten, und mithilfe einer Schutzschicht versiegelt. [10]

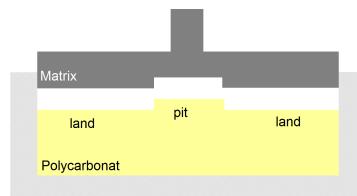


Abb. 13: Übertragung der Pitstruktur

³Wellenberg und Wellental zweier Lichtstrahlen mit gleicher Frequenz und Amplitude treffen aufeinander und heben sich gegenseitig auf.

Das Spritzgussverfahren selbst kann in drei Schritte unterteilt werden. Wie in Abb. 14 zu sehen beginnt der Vorgang des Plastifizierens mit dem Einfüllen des zerkleinerten Polycarbonats (Granulat) in die Schnecke. Das Granulat wird durch die Heizelemente und die sich drehende Schnecke verflüssigt. Durch den an der Spitze aufgebauten Druck wird die Schnecke teilweise aus dem Gehäuse (Plastifizierzylinder) herausgedrückt. Danach folgt der Einspritzvorgang, dabei wird das geschmolzene Granulat durch die Vorwärtsbewegung der Schnecke in die CD-Form und auf die Matrize gedrückt. Als Letztes folgt das Abkühlen und Auswerfen der fertigen Polycarbonatscheibe. [11]

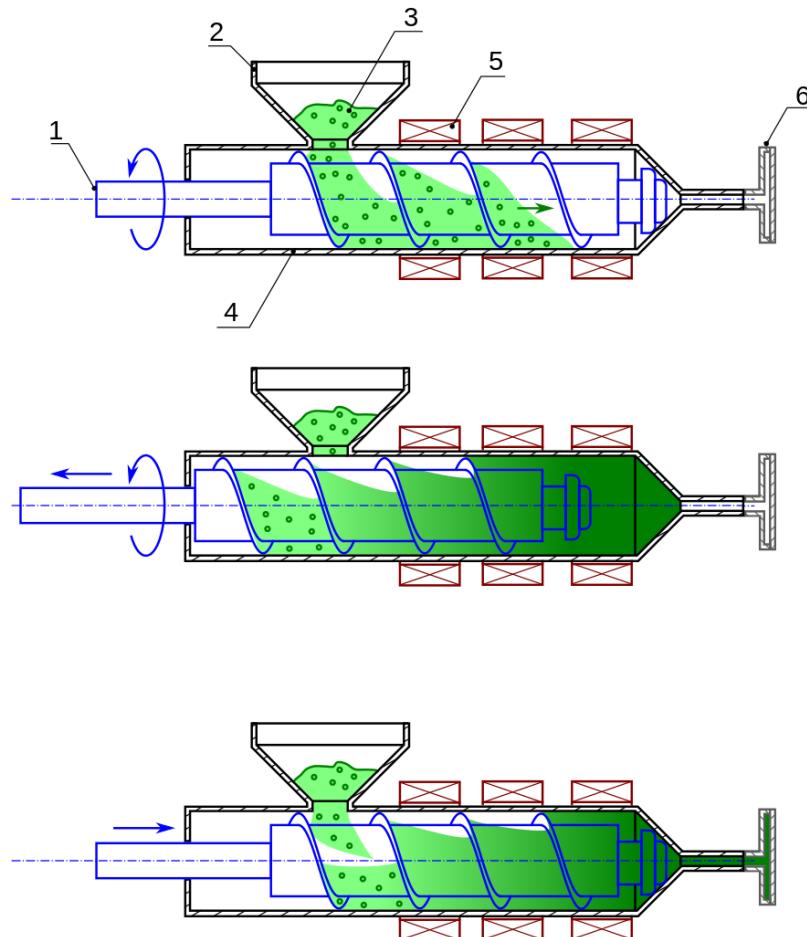


Abb. 14: Spritzgussverfahren: 1. Schnecke, 2. Einfülltrichter, 3. Granulat, 4. Plastifizierzylinder, 5. Heizelemente, 6. CD-Form inklusive Glasmatrize

2.4 Material: Polycarbonat

2.4.1 Vorteile von Polycarbonat gegenüber anderen Materialien

Polycarbonat wurde 1953 von dem, bei der Firma Bayer angestellten, Chemiker Hermann Schnell entdeckt. Der neue Kunststoff wurde später unter dem Namen Makrolon® vermarktet. [12]

Nachdem Philips seinen ersten CD-Prototypen hergestellt hatte, suchte man nach Trägermaterial, welches für die Massenproduktion mittels des Spritzgussverfahrens ge-

eignet ist. Hierfür ist Polycarbonat nahezu perfekt. Die niedrige Viskosität ermöglicht eine fehlerfreie Übertragung der Pitstruktur von der Matrize auf die Polycarbonatscheibe. Hohe Transparenz und ein konstanter Brechungsindex⁴ erlauben ein unabgeschwächtes Durchdringen des Laserstrahls durch das Trägermaterial. Eine hohe Erweichungstemperatur⁵ und Resistenz gegenüber physikalischen Belastungen machen Polycarbonat ebenfalls alltagstauglich. [9]

Die Abb. 15 vergleicht Polycarbonat(PC) und Polymethylmethacrylat(PMMA) im Bezug auf Eigenschaften, die für die Herstellung und Benutzung der CD von Vorteil sind. Die Eignung nimmt in den jeweiligen Punkten von innen nach außen zu. PMMA schneidet in fast allen Punkten mit Bestnote ab. Jedoch machen ein insgesamt mittelmäßiges Abschneiden von PC und bessere Eigenschaften in den Kategorien Wärmeformbeständigkeit und geringe Wasseraufnahme als Polymethylmethacrylat Polycarbonat zum bevorzugten Kunststoff für die CD-Produktion.

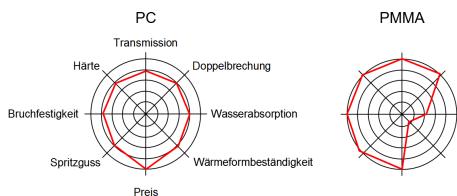


Abb. 15: Vergleich zwischen PC und PMMA

2.4.2 Herstellung von Polycarbonat

Polycarbonat kann entweder über eine Umesterung oder über eine Grenzflächenkondensation hergestellt werden. Beide Reaktionen können als Sonderformen der Polykondensation eingeordnet werden, da ein Polyester entsteht, sich aber kein Wasser abspaltet. Polycarbonat selbst ist ein lineares Makromolekül und zählt somit zu den Thermoplasten.

Bei der Umesterung kommen die, in Schmelze versetzten, Monomere Bisphenol A und Diphenylcarbonat zum Einsatz. Abb. 16 zeigt die Herstellung von Diphenylcarbonat aus Phenol und Phosgen unter Abspaltung von Salzsäure. Bisphenol A und Diphenylcarbonat reagieren in Abb. 17 Milieu zu Polycarbonat. Die beiden Monomere sind zu gleichen Teilen in dem Copolymeren vertreten, da sie auf alternierende Weise angeordnet sind. Die Reaktion endet wenn keine Monomere mehr vorhanden sind.

Die Deprotonierung Abb. 18 findet im basischen Milieu statt. Dabei spaltet sich ein Proton (H^+) vom einer der Hydroxygruppen ab und lagert sich an das Hydroxidion an. Durch diesen Vorgang wird das Bisphenol A negativ geladen und das Hydroxidion wird zu Wasser protoniert. Die Umesterung beginnt mit dem nukleophilen Angriff Abb. 19 des Bisphenol A-Anions auf das Diphenylcarbonat.

⁴Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit und der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht im untersuchten Material

⁵ca. 149°C [13]

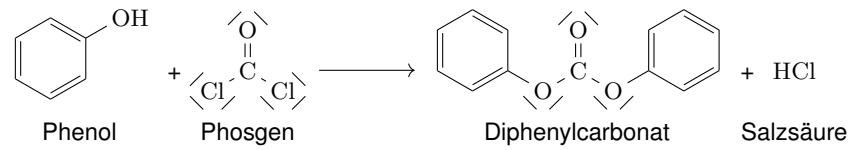


Abb. 16: Reaktion: Diphenylcarbonat

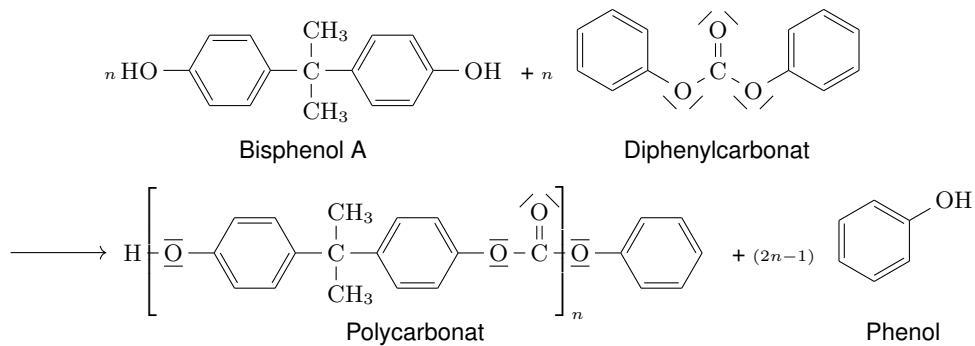


Abb. 17: Reaktion: Polycarbonat

2.4.3 Versuch: Bestätigung der hohen Lichtdurchlässigkeit von PC und der einfachen Weiterverarbeitung

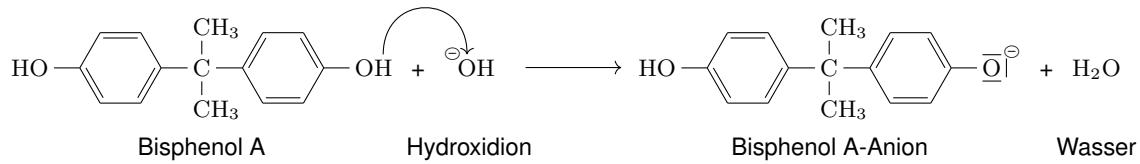


Abb. 18: Reaktion: Deprotonierung

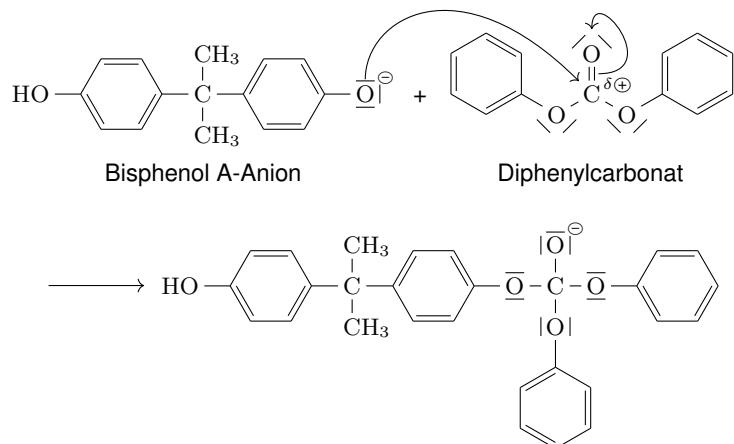


Abb. 19: Reaktion: Nukleophiler Angriff

3 Optische Wellenleiter - Die polymer optische Faser

3.1 Funktionsweise

3.2 Material: Polymethylmethacrylat

3.2.1 Versuch: Herstellung von Polymethylmethacrylat

3.2.2 Vorteile von Polymethylmethacrylat gegenüber anderen Materialien

3.3 Brechzahlprofile

3.3.1 Stufenindex

3.3.2 Gradientenindex

3.4 Herstellungsverfahren

3.4.1 Ätzverfahren

3.4.2 Replikationsverfahren

3.4.3 Fotochemische Strukturierung

3.5 Vergleich zur Glasfaser

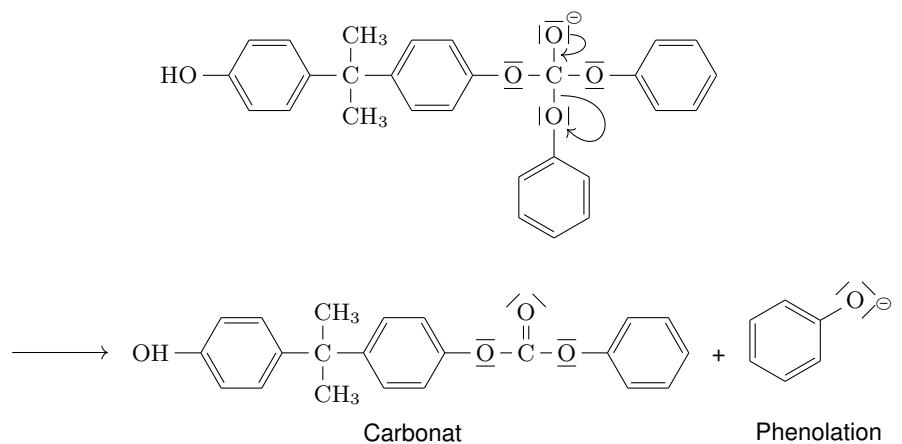


Abb. 20: Reaktion: Abspaltung eines Phenolmoleküls

4 Schluss

5 Quellenverzeichnis

- [1] UNI-Protokolle: Schallplatte, zuletzt aufgerufen am 01.07.2015
<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Schallplatte.html>
- [2] Tonaufzeichnung damals & heute: Compact-Cassette: Ein Renner vor allem bei Kindern, zuletzt aufgerufen am 01.07.2015
<http://www.tonaufzeichnung.de/medien/compactcassette>
- [3] UNI-Protokolle: Tonband, zuletzt aufgerufen am 01.07.2015
<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Tonband.html>
- [4] Bundesverband Musikindustrie: Musikindustrie in Zahlen, S. 7, zuletzt aufgerufen am 01.07.2015
http://www.musikindustrie.de/uploads/media/140325_BVMI_2013_Jahrbuch_ePaper_V02.pdf
- [5] VERBRAUCHER INITIATIVE e.V. (Bundesverband): Informationen zu Lebensmittelzusatzstoffen, zuletzt aufgerufen am 23.07.2015
http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/274.e904_schellack.html
- [6] Schouhammer Immink, Kees A.: The Compact Disc Story* in Journal of the Audio Engineering Society (Vol. 46, No. 5, 1998 May)
- [7] Roth, Klaus: CD, DVD & Co.: Die Chemie der schillernden Scheiben, in: Chemie in unserer Zeit (41/2007), S. 334-336
- [8] CCInfo: Compact-Disc, zuletzt aufgerufen am 03.08.2015
<http://www.elektronikinfo.de/audio/cd.htm>
- [9] Didaktik der Chemie / Universität Bayreuth: Die Chemie und Funktionsweise der CD und DVD, zuletzt aufgerufen am 07.08.2015
http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/cd_dvd/cd_dvd.htm
- [10] Asshoff, Jörg: Optische Datenspeicher - Der CD-Player
<http://www.muenster.de/~asshoff/physik/cd/cdplayer.htm>
- [11] Hochschule Pforzheim: Spritzgießen von thermoplastischen Kunststoffen, zuletzt aufgerufen am 11.08.2015
https://www.hs-pforzheim.de/De-de/Technik/Maschinenbau/laborbereiche/kunststofftechnik/verarb_kunsttk/Seiten/Spritzgiessen.aspx
- [12] Hübner, Karl: Polycarbonate, in: Chemie in unserer Zeit (37/2003), S. 366-368
- [13] Roth, Klaus: CD, DVD & Co.: Die Chemie der schillernden Scheiben, in: Chemie in unserer Zeit (41/2007), S. 338

6 Abbildungsverzeichnis

1	Altpersische Keilschrift http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/geisteswissenschaften/keilschriften-zehntausend-freunde-mesopotamiens-1657070.html	3
2	Schellackschallplatte https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Schallplatte_Deutsche_Grammophon_Stimme_seines_Herrn.jpg	3
3	Compact Cassette https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Compactcassette.jpg	3
4	Compact Disc https://en.wikipedia.org/wiki/File:Compact_disc.svg	4
5	polymer optischen Faser http://www.heise.de/tr/imgs/08/2/5/4/2/1/5/c337ef89957e0f2b.jpg .	4
6	Laservision Videodisc http://www.sciencemuseum.org.uk/online_science/explore_our_collections/objects/index/smxg-8095649	5
7	VHS cassette https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/VHS-cassette.jpg	5
8	Umsatzentwicklung der deutschen Musikindustrie http://www.musikindustrie.de/uploads/media/140325_BVMI_2013_Jahrbuch_ePaper_V02.pdf S. 7 (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)	6
9	Querschnitt einer CD (Skizze) http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/cd_dvd/cd_dvd.htm (zuletzt aufgerufen am 07.08.2015)	6
10	Laserlicht auf einem <i>pit</i> unter einem Rasterelektronenmikroskop Roth, Klaus: CD, DVD & Co.: Die Chemie der schillernden Scheiben, in: Chemie in unserer Zeit (41/2007), S. 340	7
11	destruktive Interferenz von Laserlicht bei einem <i>pit</i> (Skizze) http://www.muenster.de/~asshoff/physik/cd/image50.gif (zuletzt aufgerufen am 07.08.2015)	7
12	Stromstärkenverlauf http://www.muenster.de/~asshoff/physik/cd/image51.gif (zuletzt aufgerufen am 07.08.2015)	7
13	Übertragung der Pitstruktur http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/cd_dvd/spritzguss.gif (zuletzt aufgerufen am 07.08.2015)	7
14	Spritzgussverfahren https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/23/Principe_moulage_injection_polymere.svg/899px-Principe_moulage_injection_polymere.svg.png (zuletzt aufgerufen am 11.08.2015)	8

15	Vergleich zwischen PC und PMMA	
	Roth, Klaus: CD, DVD & Co.: Die Chemie der schillernden Scheiben, in: Chemie in unserer Zeit (41/2007), S. 337	9
16	Reaktion: Diphenylcarbonat	10
17	Reaktion: Polycarbonat	10
18	Reaktion: Deprotonierung	11
19	Reaktion: Nukleophiler Angriff	11
20	Reaktion: Abspaltung eines Phenolmoleküls	12