

FORTSCHRITT-  
BERICHTE

**VDI**

L.-Chem. Susanne Krüger, Hildesheim

# **Sorption von polychlorierten Biphenylen an verschiedene Adsorbentien und Nachweis der Bioverfügbarkeit**

Reihe **15**: Umwelttechnik

Nr. **177**

*HLuHB Darmstadt*



13705232

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung	1
1.2	Polychlorierte Biphenyle	2
1.3	Sorption von gelösten Substanzen an festen Oberflächen	4
1.3.1	Adsorption und Desorption	4
1.3.2	Adsorptionsisothermen	5
1.3.3	Adsorbentien	9
1.4	Mikrobieller Abbau von polychlorierten Biphenylen	10
1.4.1	PCB-Abbau unter aeroben Bedingungen	11
1.4.2	PCB-Abbau unter anaeroben Bedingungen	13
1.4.3	Abbau adsorbierter Substanzen	14
1.5	Zielsetzung	16
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>18</b>
2.1	Materialien	18
2.1.1	Chemikalien und Gase	18
2.1.2	Auswahl der untersuchten polychlorierten Biphenyle	19
2.1.3	Auswahl der Adsorbentien	19
2.1.4	Kulturmedium	20
2.2	Rasterelektronenmikroskopie (REM) der Adsorbentien	21
2.3	Bestimmung der optischen Dichte ( $OD_{578}$ ) bei aeroben Abbaueversuchen	21
2.4	Herkunft, Charakterisierung und Stammhaltung sowie PCB-Abbaupotential der Mischkultur	22
2.5	Analytische Bestimmungen	23
2.5.1	PCB- und Biphenyl-Analytik	23
2.5.1.1	Gaschromatographische Bestimmung	23
2.5.1.2	Probenaufarbeitung für wäßrige Lösungen	27
2.5.1.3	Probenaufarbeitung für adsorbierte Substrate	28
2.5.2	Metabolitanalytik	29
2.5.2.1	Identifizierung mittels HPLC	29
2.5.2.2	Identifizierung mittels spektroskopischer Methoden	31
2.5.2.3	Quantifizierung der Metabolite mittels HPLC	31

<b>2.6</b>	<b>Herstellung wäßriger PCB-Lösungen</b>	<b>32</b>
<b>2.7</b>	<b>Aufnahme der Adsorptionsisothermen</b>	<b>33</b>
<b>2.8</b>	<b>Desorptionsversuche</b>	<b>33</b>
<b>2.9</b>	<b>Aerobe Abbauversuche</b>	<b>35</b>
2.9.1	Abbaukinetik bei kristalliner und adsorbierter Substratvorlage	35
2.9.1.1	Versuchsansatz	35
2.9.1.2	Substratzugabe	36
2.9.1.3	Probenaufarbeitung bei den Abbauversuchen	37
2.9.2	Kinetik bei Zugabe des Co-Substrates Biphenyl	37
2.9.3	Kinetik bei Zusatz von Triton X 100	37
2.9.4	Kinetik in einer Wasser/Öl-Emulsion	37
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Sorptionsuntersuchungen</b>	<b>39</b>
3.1.1	Charakterisierung der Adsorbentien mit rasterelektronen- mikroskopischen Aufnahmen	39
3.1.2	Bestimmung von PCB und Biphenyl	42
3.1.2.1	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen	42
3.1.2.2	Wiederfindung für die Probenaufarbeitung im wäßrigen System	43
3.1.2.3	Wiederfindung der Probenaufarbeitung für adsorbierte Substanzen	44
3.1.3	Bestimmung der Löslichkeit von PCB in wäßrigen Lösungen	45
3.1.4	Adsorptionsisothermen der Einzelstoffe	46
3.1.4.1	PCB mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad	46
3.1.4.2	Verschiedene, dichlorierte PCB	50
3.1.4.3	3,5-PCB an Aktivkohle und Aquazit unterschiedlicher Korngröße	54
3.1.4.4	3,5-PCB an Aquazit (1 - 1,25 mm) bei unterschiedlichen Bedingungen	55
3.1.5	Adsorptionsisothermen eines Stoffgemisches	57
3.1.6	Desorptionsraten	60
<b>3.2</b>	<b>Aerober Abbau von gelöstem und adsorbiertem 3,5- und 2,4,5-PCB</b>	<b>62</b>
3.2.1	Charakterisierung der Mischkultur	62
3.2.1.1	Isolierung und Identifizierung der Reinkulturen	62
3.2.1.2	PCB-Verwertung der Mischkultur	62
3.2.2	Metabolitbestimmung	63
3.2.2.1	Identifizierung entstandener Metabolite	63
3.2.2.2	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Metabolite	67
3.2.2.3	Metabolite im Abbauansatz mit Adsorbentien	68

3.2.3	Vorversuche zu den Abbauprobungen mit Adsorbentien	68
3.2.4	Aerober Abbau von 3,5-PCB als Einzelstoff	69
3.2.4.1	Abhängigkeit von der Belegung	69
3.2.4.2	Abhängigkeit von der Art der Substratvorlage	70
3.2.4.3	Abbau in Abhängigkeit von der Korngröße der Adsorbentien	73
3.2.4.4	Beeinflussung des Abbaus durch Zusatz von Biphenyl oder Triton X 100	76
3.2.4.5	Abbau in einer PCB-haltigen Wasser/Öl-Emulsion	81
3.2.4.6	Aerober 3,5-PCB-Abbau mit der Reinkultur <i>Comamonas testosteroni</i>	83
3.2.4.7	Nachweis der Bildung eines Biofilms	86
3.2.5	Abbau von 2,4,5-PCB als Einzelstoff in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Adsorbentien	87
3.2.6	Abbau von 3,5- und 2,4,5-PCB im Stoffgemisch	91
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>96</b>
<b>4.1</b>	<b>Diskussion der angewandten Methoden</b>	<b>96</b>
4.1.1	Analytik	96
4.1.2	Löslichkeit der PCB	97
4.1.3	Sorption	97
4.1.4	Aerober Abbau	99
<b>4.2</b>	<b>Sorption von polychlorierten Biphenylen an verschiedene Adsorbentien</b>	<b>100</b>
4.2.1	Adsorption in Abhängigkeit von den Adsorptiven	100
4.2.1.1	Sorptive unterschiedlichen Chlorierungsgrades	100
4.2.1.2	Dichlorierte Stellungsisomere	102
4.2.2	Adsorption in Abhängigkeit von den Adsorbentien	102
4.2.2.1	Adsorbentien unterschiedlicher Zusammensetzung	102
4.2.2.2	Adsorbentien unterschiedlicher Korngröße	103
4.2.3	Adsorption in Anwesenheit von Biphenyl oder Triton X 100	104
4.2.4	Adsorption im Stoffgemisch	105
4.2.5	Desorptionsstudie	106
<b>4.3</b>	<b>Bioverfügbarkeit von gelöstem und adsorbiertem 3,5- und 2,4,5-PCB</b>	<b>107</b>
4.3.1	Aerober Abbau von 3,5-PCB und 2,4,5-PCB	107
4.3.2	Mikrobiologische Regenerierung unterschiedlicher Adsorbentien beladen mit 3,5- und 2,4,5-PCB	107
4.3.3	Abbau in Anwesenheit des Co-Substrates Biphenyl	111
4.3.4	Einfluß von Triton X 100 auf die Bioverfügbarkeit der PCB	112
4.3.5	Abbaukinetik einer PCB-haltigen Wasser/Öl-Emulsion	113

4.3.6	Vergleich des Abbaupotentials von Misch- und Reinkultur	113
4.3.7	Vergleich von Einzelstoff-Abbau und Abbau im Stoffgemisch	113
4.4	Ausblick	114
5	ZUSAMMENFASSUNG	115
6	ANHANG	117
7	LITERATUR	121