

Tabelle 1: Liste der in der vorliegenden Arbeit verwendeten PCB-Isomerenbezeichnungen nach BALLSCHMITTER & ZELL (1980).

PCB-Kurz	Isomerenmuster	PCB-Kurz	Isomerenmuster
1 MonoCB :	2- Monochlorbiphenyl	67 TetraCB :	2,3',4,5- Tetrachlorbiphenyl
2 MonoCB :	3- Monochlorbiphenyl	70 TetraCB :	2,3',4',5- Tetrachlorbiphenyl
4 DiCB :	2,2'- Dichlorbiphenyl	74 TetraCB :	2,4,4',5- Tetrachlorbiphenyl
5 DiCB :	2,3- Dichlorbiphenyl	76 TetraCB :	2',3,4,5- Tetrachlorbiphenyl
7 DiCB :	2,4- Dichlorbiphenyl	77 TetraCB :	3,3',4,4'- Tetrachlorbiphenyl
9 DiCB :	2,5- Dichlorbiphenyl	84 PentaCB :	2,2',3,3',6- Pentachlorbiphenyl
15 DiCB :	4,4'- Dichlorbiphenyl	87 PentaCB :	2,2',3,4,5'- Pentachlorbiphenyl
16 TriCB :	2,2',3- Trichlorbiphenyl	91 PentaCB :	2,2',3,4',6- Pentachlorbiphenyl
18 TriCB :	2,2',5- Trichlorbiphenyl	92 PentaCB :	2,2',3,5,5'- Pentachlorbiphenyl
22 TriCB :	2,3,4'- Trichlorbiphenyl	95 PentaCB :	2,2',3,5',6- Pentachlorbiphenyl
25 TriCB :	2,3',4- Trichlorbiphenyl	97 PentaCB :	2,2',3',4,5- Pentachlorbiphenyl
27 TriCB :	2,3',6- Trichlorbiphenyl	99 PentaCB :	2,2',4,4',5- Pentachlorbiphenyl
28 TriCB :	2,4,4- Trichlorbiphenyl	101 PentaCB :	2,2',4,5,5'- Pentachlorbiphenyl
29 TriCB :	2,4,5- Trichlorbiphenyl	105 PentaCB :	2,3,3',4,4'- Pentachlorbiphenyl
31 TriCB :	2,4',5- Trichlorbiphenyl	110 PentaCB :	2,3,3',4',6- Pentachlorbiphenyl
32 TriCB :	2,4',6- Trichlorbiphenyl	111 PentaCB :	2,3,3',5,5'- Pentachlorbiphenyl
33 TriCB :	2',3,4- Trichlorbiphenyl	113 PentaCB :	2,3,3',5',6- Pentachlorbiphenyl
37 TriCB :	3,4,4'- Trichlorbiphenyl	118 PentaCB :	2,3',4,4',5- Pentachlorbiphenyl
40 TetraCB :	2,2',3,3'- Tetrachlorbiphenyl	132 HexaCB :	2,2',3,3',4,6'- Hexachlorbiphenyl
41 TetraCB :	2,2',3,4- Tetrachlorbiphenyl	138 HexaCB :	2,2',3,4,4',5'- Hexachlorbiphenyl
42 TetraCB :	2,2',3,4'- Tetrachlorbiphenyl	141 HexaCB :	2,2',3,4,5,5'- Hexachlorbiphenyl
44 TetraCB :	2,2',3,5'- Tetrachlorbiphenyl	146 HexaCB :	2,2',3,4',5,5'- Hexachlorbiphenyl
49 TetraCB :	2,2',4,5'- Tetrachlorbiphenyl	149 HexaCB :	2,2',3,4',5',6- Hexachlorbiphenyl
51 TetraCB :	2,2',4,6'- Tetrachlorbiphenyl	153 HexaCB :	2,2',4,4',5,5'- Hexachlorbiphenyl
52 TetraCB :	2,2',5,5'- Tetrachlorbiphenyl	158 HexaCB :	2,3,3',4,4',6- Hexachlorbiphenyl
53 TetraCB :	2,2',5,6'- Tetrachlorbiphenyl	170 HeptaCB :	2,2',3,3',4,4',5- Heptachlorbiphenyl
56 TetraCB :	2,3,3',4'- Tetrachlorbiphenyl	171 HeptaCB :	2,2',3,3',4,4',6- Heptachlorbiphenyl
60 TetraCB :	2,3,4,4'- Tetrachlorbiphenyl	174 HeptaCB :	2,2',3,3',4,5,6'- Heptachlorbiphenyl
64 TetraCB :	2,3,4',6- Tetrachlorbiphenyl	177 HeptaCB :	2,2',3,3',4',5,6- Heptachlorbiphenyl
66 TetraCB :	2,3',4,4'- Tetrachlorbiphenyl	180 HeptaCB :	2,2',3,4,4',5,5'- Heptachlorbiphenyl

Tabelle 2: Verschiedene physikalisch und ökologisch relevante Eigenschaften unterschiedlicher PCB-Chlorierungsgrade, sowie Biphenyl. Das Molekulargewicht (MG) bezieht sich auf die häufigste Isotopenverteilung der jeweiligen Chloranzahl, die sich aus dem natürlichen Verhältnis von $Cl^{35} : Cl^{37}$ von ca. 3:1 ergibt; IA = Isomerenanzahl; Dampfdruck (D) als Bereichsangabe über verschiedene angegebene Einzelisomere (ERIKSON 1986); die Wasserlöslichkeit (Lös) von KOCH (1989); Henry-Konst. ($\log K_H$) siehe auch BRUNNER et al. (1990); Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten $\log K_{ow}$ ^a nach FERRARO (1991) bzw. ^c nach ERIKSON (1986); Biokonzentrationsfaktoren nach KOCH (1989), bezogen auf die angegebenen Isomeren in Klammern.

Bezeichnung	MG	IA	D[mmHg]	Lös.[$\mu\text{g/l}$]	$\log K_H$	$\log K_{ow}$	Biokonz.
Monochlorbiphenyle	188	3	$1\text{-}8 \times 10^{-3}$	6000	k.A.	4,6 ^c	590 (4)
Dichlorbiphenyle	222	12	$10^{-3}\text{-}10^{-5}$	1500	-2,0 bis -2,2	5,2 ^c	215 (11)
Trichlorbiphenyle	256	24	$4 \times 10^{-4}\text{-}(10^{-5})$	200/2000	-2,0 bis -2,4	5,7 ^c	50000 (18, 28)
Tetrachlorbiphenyle	292	42	$5 \times 10^{-4}\text{-}(10^{-6})$	30/100	-2,1 bis -2,4	5 ^a , 6,6 ^c	80000 (47, 52)
Pentachlorbiphenyle	326	46	$7 \times 10^{-5}\text{-}(10^{-7})$	15	-2,3 bis -2,7	6,5 ^a , 6,8 ^c	45000 (101)
Hexachlorbiphenyle	360	42	$10^{-5}\text{-}(10^{-7})$	5	-2,4 bis -3,3	6,8 ^a , 8,0 ^c	46000 (153)
Hepta- bis DecaCB	< 396	40	$> 10^{-6}$	< 3	-3,0 bis -3,4	7,4 ^a , 9,0 ^c	k.A.
Biphenyl	158	-	$9,5 \times 10^{-3}$	7200	k.A.	4,1	k.A.

Tabelle 3: PCB-Konzentrationen in der Umwelt, nach KOCH (1989); * nach KORTE (1980); Hollandliste C-Wert (Sanierungswert) nach VAN LIDTH DE JEUDE (1983); TWV: Trinkwasserverordnung (1989). #: der Grenzwert der US-Umweltbehörde EPA für PCBs im Trinkwasser bezieht sich auf ein Krebsrisiko von 10^{-5} .

Medium		Konzentration		Grenzwerte
Luft :	in Stadtgebieten	5	ng/m ³	MAK(42%Chlor): 1 mg/m ³
	Luft in ländliche Gebieten	0,05	ng/m ³	
Wasser:	Meereswasser	bis zu 30	ng/l	Holland C: 1,0 µg/l TWV: 0,5 µg/l (Σ) EPA: 0,26 µg/l (Σ)#
	Oberflächenwasser	bis zu 1,4	mg/l	
	Trinkwasser	bis zu 8,5	µg/l	
Sedimente		bis 60	mg/l	
Böden		0,2 bis 15000*	ng/kg	Holland C: 10 mg/kg
Pflanzen		9	µg/kg	
Kuhmilch*		0,24	mg/kg	
Mensch	gesamt	0,3-3	mg/kg	
	Fettgewebe maximal	200-500	mg/kg	
	Milch	0,1-1,7	mg/kg	
Papier (Japan)			850	mg/kg
Süßwarenverpackung		600-1200	mg/kg	
Altöl		k.A.		AÖV: 20 mg/l

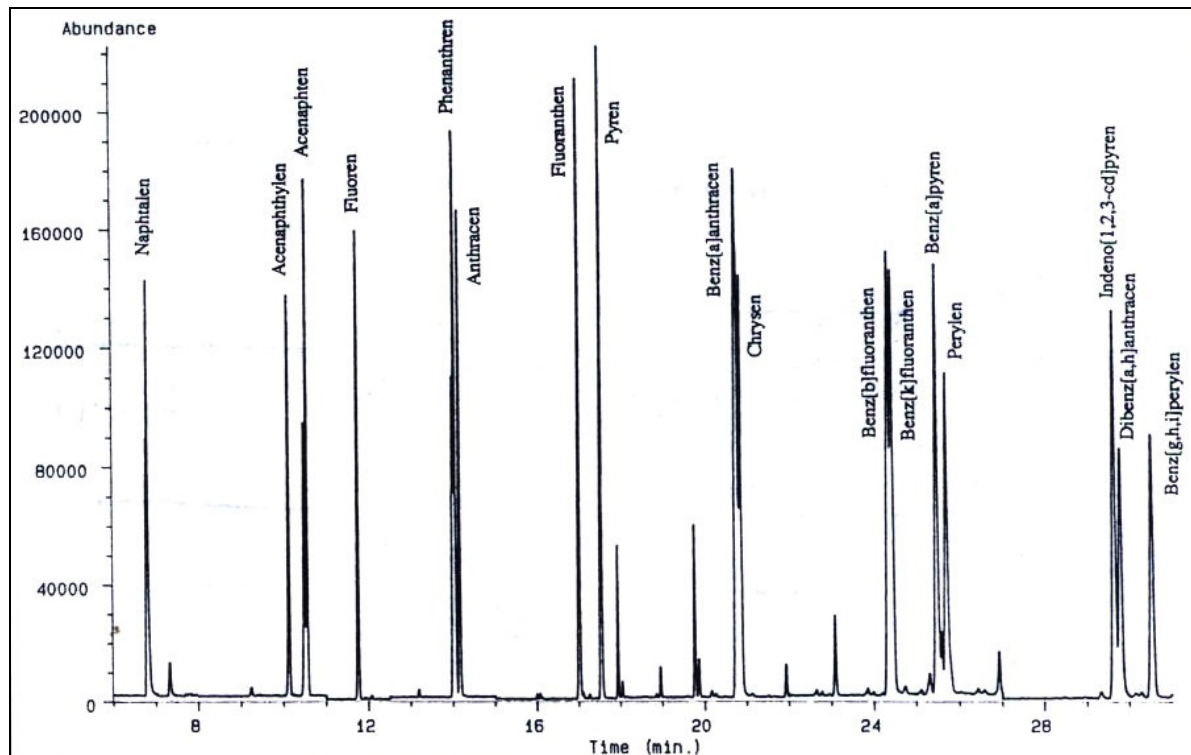


Abbildung 1: GC-Chromatogramm des 16 EPA-PAK-Standardgemisches.

Tabelle 4: Strukturformeln, Molekulargewichte (MG) und Siedepunkte der 16 EPA-PAKs, sowie der ebenfalls in einigen Proben detektierten Verbindungen Benz[e]pyren und Perylen. MG = Molekulargewicht, SP = Siedepunkt, WL = Wasserlöslichkeit einiger Verbindungen (nach FUTOMA et al. 1981)

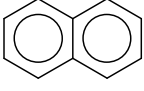
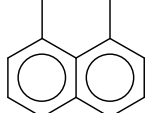
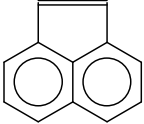
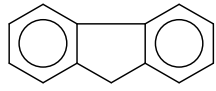
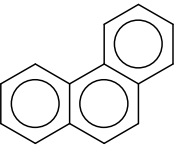
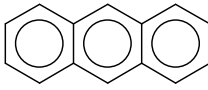
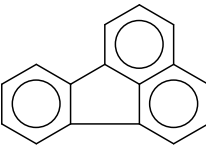
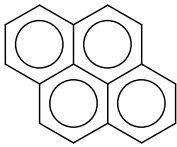
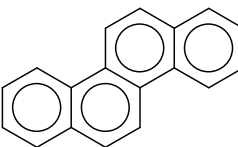
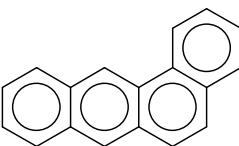
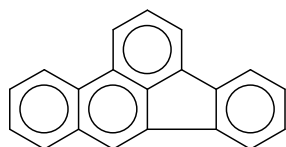
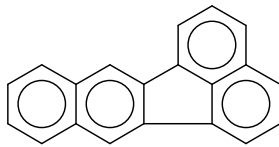
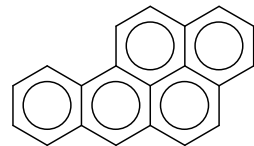
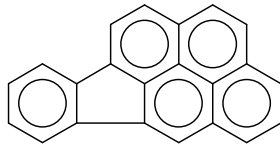
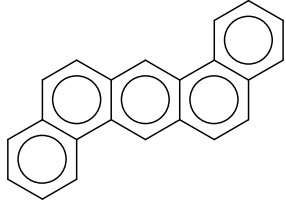
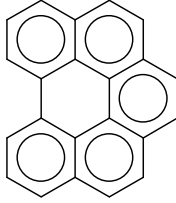
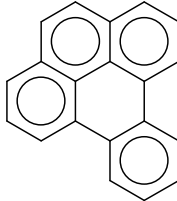
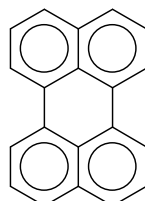
	Naphthalen MG: 128 WL.: 32 mg/l		Acenaphthen MG: 154 SP: 279° C WL.: 3470 µg/l
	Acenaphthylen MG: 152		Fluoren MG: 166 WL.: 1700 µg/l
	Phenanthren MG: 178 WL.: 1000 µg/l		Anthracen MG: 178 WL.: 41-75 µg/l
	Fluoranthen MG: 202 SP: 375° C WL.: 260 µg/l		Pyren MG: 202 SP: 360° C WL.: 132 µg/l
	Chrysen MG: 228 WL.: 4 µg/l		Benz[a]anthracen MG: 228; WL.: 10 µg/l SP: 435° C
	Benz[b]fluoranthen MG: 252 SP: k.A., WL.: 1,2 µg/l		Benz[k]fluoranthen MG: 252 SP: 480° C WL.: 0,55 µg/l
	Benz[a]pyren MG: 252 SP: 496° C WL.: 4 µg/l		Indeno[1,2,3-cd]pyren MG: 276 SP: k.A.
	Dibenz[a,h]anthracen MG: 278		Benz[g,h,i]perylene MG: 276 SP: k.A.
	Benz[e]pyren MG: 252		Perylen MG: 252 WL.: 0,4 µg/l

Tabelle 5: Liste der verwendeten Weißfäulepilze. Interne Nummer der Stammsammlung (in Klammer: Nummerierung von 1991).

Pilzname	Bezug	Stammkultur Nr.
<i>Bjerkandera adusta</i>	(Willd.: Fr.) Karst.	Forstbotanisches Institut 15
<i>Chrysosporium pruinosum</i>	(Gilman u. Abbott) Carmichel	ATCC:24182 26
<i>Coniophora puteana</i>	(Schum.: Fr.) Karst.	Forstbotanisches Institut 77
<i>Crucibulum laeve</i>	(Huds.: Pers.) Kambly	Forstbotanisches Institut 31
<i>Fomes fomentarius</i>	(L.: Fr.) Fr.	Forstbotanisches Institut 32
<i>Ganoderma applanatum</i>	(Pers.) Pat.	Forstbotanisches Institut 44
<i>Ganoderma weberianum</i>	(Bres. u. Henn.) Steyaert	CBS:219.36 23
<i>Hypholoma fasciculare</i>	(Hudson: Fr.) Kummer	Forstbotanisches Institut 45
<i>Ischnoderma resinoseum</i>	(Schrad.: Fr.) Karst.	Forstbotanisches Institut 36
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	(Schaeffer: Fr.) Singer u. Smith	Forstbotanisches Institut 76
<i>Merulius tremellosus</i>	Schrad.:Fr.	CBS:215.56 3
<i>Oudemansiella radicata</i>	(Relhan: Fr.) Singer	Forstbotanisches Institut 11
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Burdsall	CBS:246.84 (ATCC 32629) (152)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Burdsall	CBS:316.75 (ATCC 35540) 136/(153)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Burdsall	CBS:481.73 (ATCC 24725) (154)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Burdsall	CBS:578.63 (ATCC 15155) (155)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Burdsall	CBS:671.71 (ATCC 28326) 141
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	(Paulet) Rolland	Zadrazil, Braunschweig 105
<i>Pleurotus cystidiosus</i>	O.K. Miller	CBS:434.84 128
<i>Pleurotus eryngii</i> P 34	(DC.: Fr.) Quel.	Zadrazil, Braunschweig 111
<i>Pleurotus eryngii</i> , cardoncello	(DC.: Fr.) Quel.	Zadrazil, Braunschweig 110
<i>Pleurotus ostreatus</i>	(Jacquin: Fr.) Kummer	Forstbotanisches Institut 134
<i>Pleurotus ostreatus</i> P3004	(Jacquin: Fr.) Kummer	I. Chet, Jerusalem 20
<i>Pleurotus ostreatus</i> ssp. <i>florida</i> F6	(Jacquin: Fr.), Kummer	I. Chet, Jerusalem 8
<i>Pleurotus ostreatus</i> ssp. <i>florida</i> II	(Jacquin: Fr.) Kummer	Forstbotanisches Institut 40
<i>Pleurotus ostreatus</i> ssp. <i>florida</i> P2	(Jacquin. Fr.) Kummer	Forstbotanisches Institut 49
<i>Pleurotus</i> spec. Posch per horla		Zadrazil, Braunschweig (148)
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	(Fr.) Sing.	Zadrazil, Braunschweig 147
<i>Pleurotus</i> spec. Fr 1 3030		Zadrazil, Braunschweig 107
<i>Pleurotus</i> spec. fuku		Zadrazil, Braunschweig 112
<i>Pleurotus</i> spec. G 241		Zadrazil, Braunschweig 116
<i>Pleurotus</i> spec. P 344		Zadrazil, Braunschweig 106
<i>Pleurotus</i> spec. P X1 Hauser ostreatus		Zadrazil, Braunschweig 108
<i>Pleurotus</i> spec. P7H7		Zadrazil, Braunschweig 103
<i>Pleurotus</i> spec. Precoce horla		Zadrazil, Braunschweig 102
<i>Pleurotus</i> spec. So P 3030		Zadrazil, Braunschweig 113
<i>Pleurotus</i> spec. unireb (A)		Zadrazil, Braunschweig 132
<i>Pleurotus</i> spec. unireb (B)		Zadrazil, Braunschweig 140
<i>Pleurotus</i> spec. Z 6		Zadrazil, Braunschweig 117
<i>Pleurotus</i> sporless		Zadrazil, Braunschweig 146
<i>Polyporus brumalis</i>	(Pers.:Fr.) Fr.	CBS:470.72 2
<i>Polyporus ciliatus</i> Fr. 1	(Fr.: Fr.) Fr.	Zadrazil, Braunschweig 119
<i>Polyporus melanopus</i>	Pers.	CBS:382.51 33
<i>Poria subacida</i>	(Pede) Sacc.	CBS:442.48 17
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	(L.: Fr.) Murrill	CBS:358.63 (DAOM 53508) 21
<i>Stropharia rugoso-annulata</i> (Z 10)		Zadrazil, Braunschweig 114
<i>Trametes hirsuta</i>	(Wulfen: Fr.) Lloyd	Forstbotanisches Institut 79
<i>Trametes versicolor</i> L 12	(L.:Fr.) Lloyd	Forstbotanisches Institut 149
<i>Tyromyces caesius</i>	(Schrad.: Fr.) Murrill	Forstbotanisches Institut 55

Tabelle 6: Zusammensetzung des Abfallstoffes Kartoffelpülpe nach Teilentwässerung (Frischgewicht) und Trocknung; Spurenelemente [mg/g TG].

Inhaltsstoff	[% in Frischgewicht]
Rohprotein	0,5 - 1,1 %
Rohfaser	1,3 - 5 %
Rohfett	0,02 - 0,1 %
stickstofffreie Substanzen	0,4 - 7,2 %
Aminosäurestickstoff	0,05 - 0,1 %
Mineralstoffe	0,2 - 0,6 %

Inhaltsstoff	[% in Trockengewicht]
Pektinstoffe und Stärke	40 - 50 %
Faser	50 %
stickstoffhaltige Substanzen	2 - 3 %
Mineralstoffe	1,5 %

Hersteller	P	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
AVEBE	+	0,54	10,6	0,16	0,6	3,5	366,8	15,9	15,6
Emsland	+	0,28	5,36	0,08	0,03	3,27	200,4	5,1	33,8
Südstärke	+	0,35	8,6	0,17	0,55	1,81	317,4	5,04	5,64
Emsland *	+	0,23	16,8	0,14	0,84	1,68	144,8	7,58	12,0

* gefriergetrocknete Naßpülpe

+ die Konzentration an Phosphor lag nahe der Nachweisgrenze von ca. 10 mM

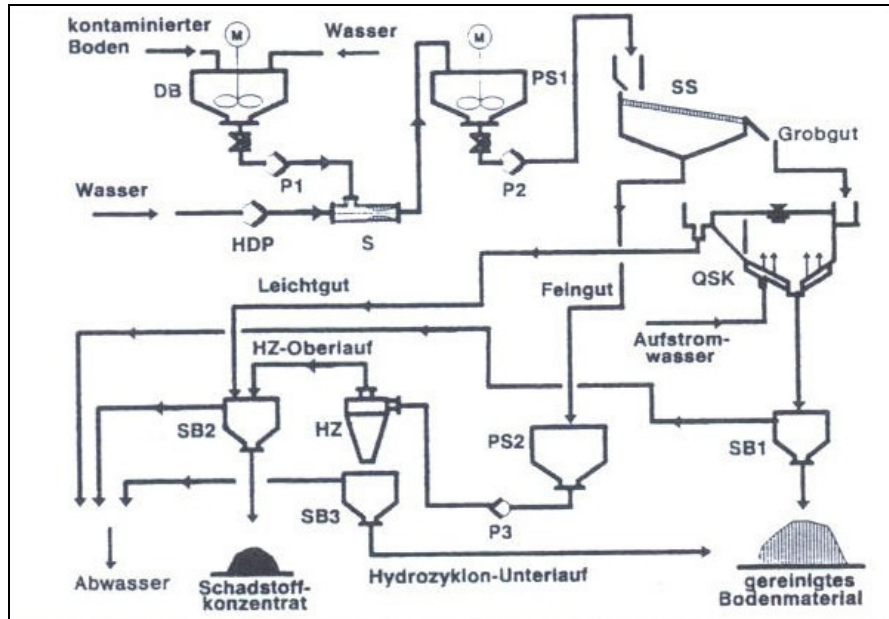
Tabelle 7: Beispiele für Ionen silylierter Verbindungen, die bei der Metabolitensuche silylierter Verbindungen durch Gaschromatograph-Massenspektrometer untersucht wurden. MG bzw m/e bezogen auf das natürliche $^{35}\text{Cl}:$ ^{37}Cl Chlorverhältnis von ca. 3:1.

[m/e]	Nicht derivatisiert.		Silylierte Proben (TriMethylSilyl-Derivate)			
B=Biphenyl	-OH	2 -OH	-O-TMS	-O-TMS -15	2 x -TMS	2 x-TMS -15
Biphenyl (B.)	170/172	186/188	242/244	227	330/332	315
MonochlorB.	204/206	220/222	276/278	261	364/36	349
DichlorB.	238/240	254/256	310/312	295	398/400	383
TrichlorB.	272/274		346/348	331		
TetrachlorB.	308/310		380/382	365		
PentachlorB.	342/344		414/416	399		

	MG	Ion 1	Ion 2	Zusatzion
MC-Brenzcatechin-TMS	$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{O}_2\text{ClSi}_2$	288	290	273
DC-Brenzcatechin-TMS	$\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2\text{Cl}_2\text{Si}_2$	322	324	307
MC-Hydroxy-Chinon-TMS	$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_3\text{ClSi}$	230	232	215
Chlormethoxyphenol-TMS	$\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{O}_2\text{ClSi}$	230	232	215
Dichlormethoxyphenol-TMS	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_2\text{Cl}_2\text{Si}$	264	266	251

Tabelle 8: Ionen unpolarer und mäßig polarer Verbindungen, die ohne Sylierung als Metaboliten des Abbaus von PCBs möglicherweise vom Massenspektrometer aufgenommen werden konnten und nach denen durch die Verwendung makrogesteuerter Ionenbereichssuche in Abbauextrakten und Kontrolleextrakten Vergleichs-chromatogramme erstellt wurden. Zusatzen sind Bruchstücke, soweit bekannt oder identifiziert.

Chlorchinione				Chlorphenole			
Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion	Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion
Monochlorchinon	142	144	124	Monochl.phenol	200	202	183
Dichlorchinon	176	178	148	Dichlorphenol	236	238	219
Hydroxy-Dichlorch.	192	194		Trichlorphenol	270	272	
Methoxy-Dichlorch.	206	208		Tetrachlorphenol	334	336	
Chlorbenzoesäuren-Methylester				Chlor-Hyd.-benzoesäuren-Methylester			
Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion	Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion
MonochlorB.	170	172	139	MonochlorB.	186	188	
DichlorB.	204	206	169	DichlorB.	220	222	
TrichlorB.	238	240	203	TrichlorB.	254	256	
TetrachlorB.	272	274	237	TetrachlorB.	288	290	
Chlorbenz-Aldehyde				Chlorbenzyl-Alkohole			
Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion	Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion
MCBenzaldehyd	139	140	141	MonochlorB.	142	144	
DCBenzaldehyd	173	174	175	DichlorB.	176	178	141
TriCBenzaldehyd	207	208	209	TrichlorB.	200	202	
MCHyd.benzal.	155	158	159	unspez. MC-C7	125	127	160
DCHyd.benzal.	189	190	191	unspez. DC-C7	159	161	
Chlorbenzole				ChlorBenz-C2-Körper			
Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion	Chloranzahl	IONEN	-PAAR	Zus.Ion
Monochlorbenzol	112	114		MonochlorStyrol	138	140	
Dichlorbenzol	146	148	110	DichlorStyrol...	172	174	137
Trichlorbenzo	180	182	145	MCAcetylen	136	138	99
Tetrachlorbenzol	214	216		DCAcetylen	170	172	135
Nr.	Bereich	Beschreibung / Beispiel für Bruchstück von:					
1	111-114	MCBenzaldehyd, u.a. Chloraromatenbruchstücke					
1b	125-127	Monochloraromaten mit CH ₂ -Bestandteil					
2	138-144	MCBenzaldehyd, MCBenzylalkohol, MCchinon, MCAr-C=O Ion					
3	146-148	Dichlorbenzol					
3b	155	MCHydroxybenzaldehyd					
4	159-162	Dichloraromaten mit CH ₂ -Bestandteil					
5	170-178	DCBenzaldehyd, DCBenzylalkohol, DCStyrolderivat, DCchinon, MonoCBenzoesäure-methylester					
6	180-182	Tribrombenzol					
6b	189	DCHydroxybenzaldehyd					
7	200-212	MCHyd.Biphenyl, TriCBenzaldehyd, TriCBenzylakohol, DiCBenzoe-säure-methylester					
8	233-240	DCHyd.Biphenyl, TriCBenzoesäure-methylester					
9	272-274	TriCHyd.Biphenyl,					
10	308-310	TetraCHyd.Biphenyl					



Schema 1: Fließbild der Versuchsanlage zur Bodenwäsche an der Universität Hamburg-Harburg (DB: Dispergiertbehälter; P1, P2, P3: Pumpen; HDP: Hochdruckpumpe, S: Strahlrohr; PS1, PS2: Pumpensumpf; SS: Schwingsieb mit Maschenweite 300 μm ; QSK: Querstromklassierer; HZ: Hydrozyklon; SB1, SB2, SB3: Sedimentationsbehälter). Abbildung mit freundlicher Genehmigung aus WERTHER & WILICHKOWSKI, 1991.

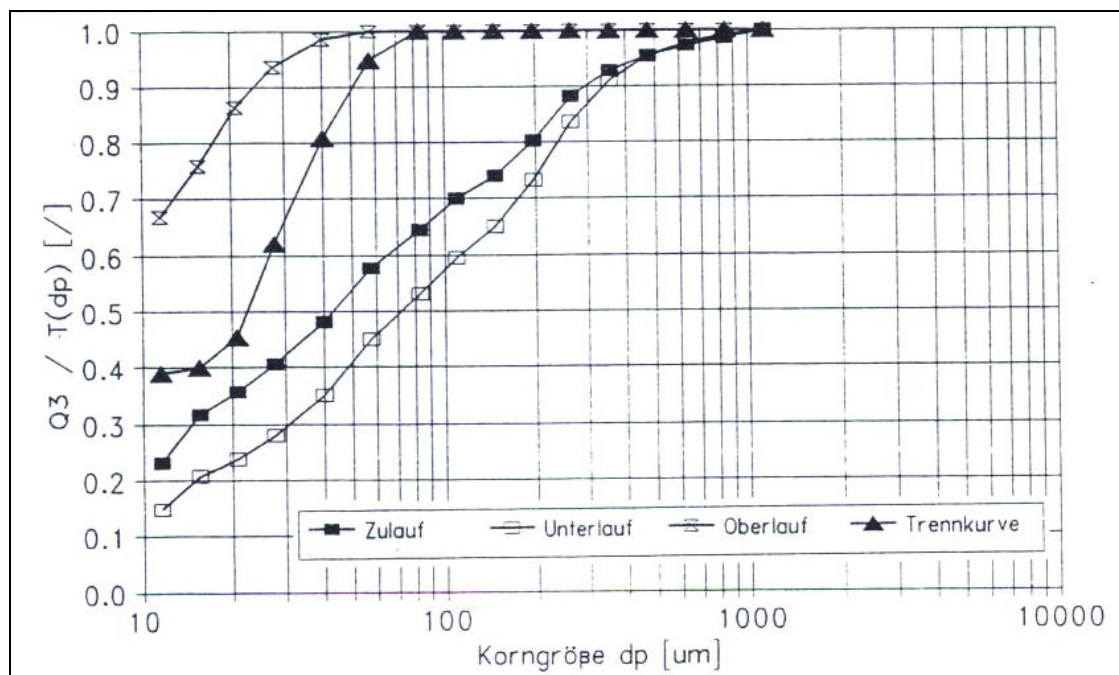


Abbildung 2: Korngrößenverteilung des Zu-, Unter- und Oberlaufs des Hydrozyklons RWK 86 (AKW, Hirschau) und Trennkurve der Hydrozyklon-Klassierung bei $p = 1$ bar. Die Korngrößenanalysen wurden mit einem Laserbeugungsspektrometer der Firma Malvern Instruments durchgeführt. Es wurden jeweils über zwei gemessene Proben gemittelt. Die Volumenströme ergaben sich (aus drei Messungen):

	Zulauf	Unterlauf	Oberlauf
Volumenstrom	2,5 m^3/h	0,36 m^3/h	2,14 m^3/h
Feststoffmassenkonzentration	90 kg/m^3	464 kg/m^3	31,1 kg/m^3
Feststoffmassenstrom	225 kg/h	167 kg/h	66,6 kg/h

Der Feststoffabscheidegrad R_f (Masse Unterlauf/Masse Zulauf) betrug damit 0,71. (rel. Fehler der Feststoffbilanz liegt bei 3,8%).

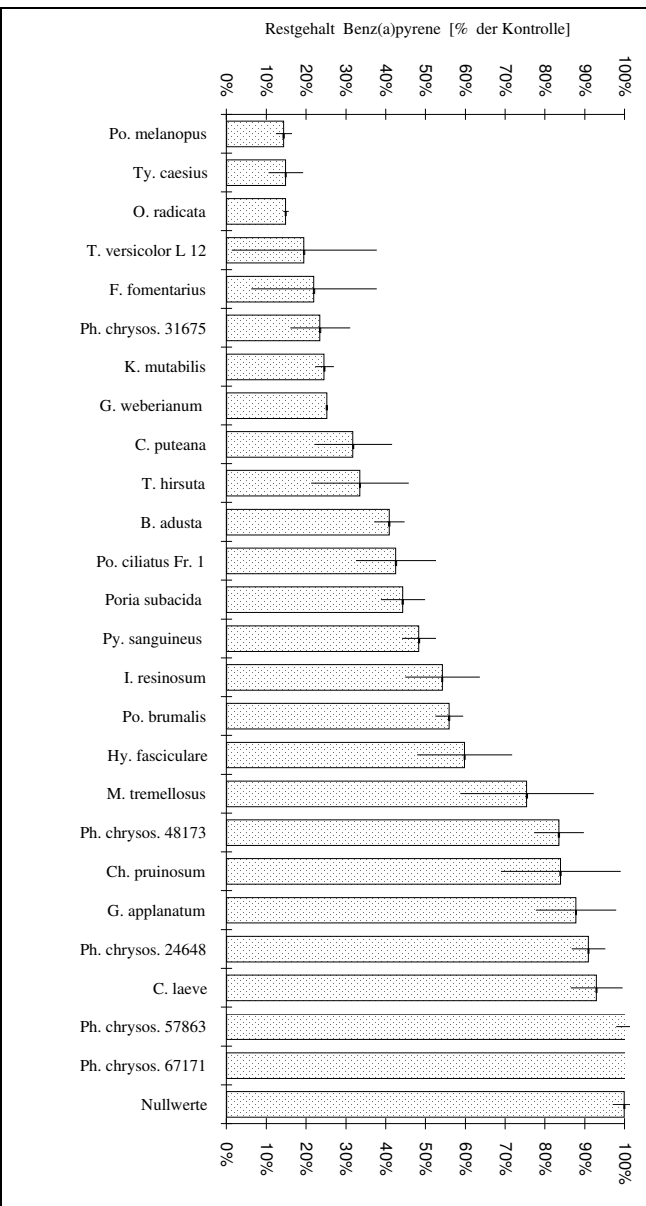
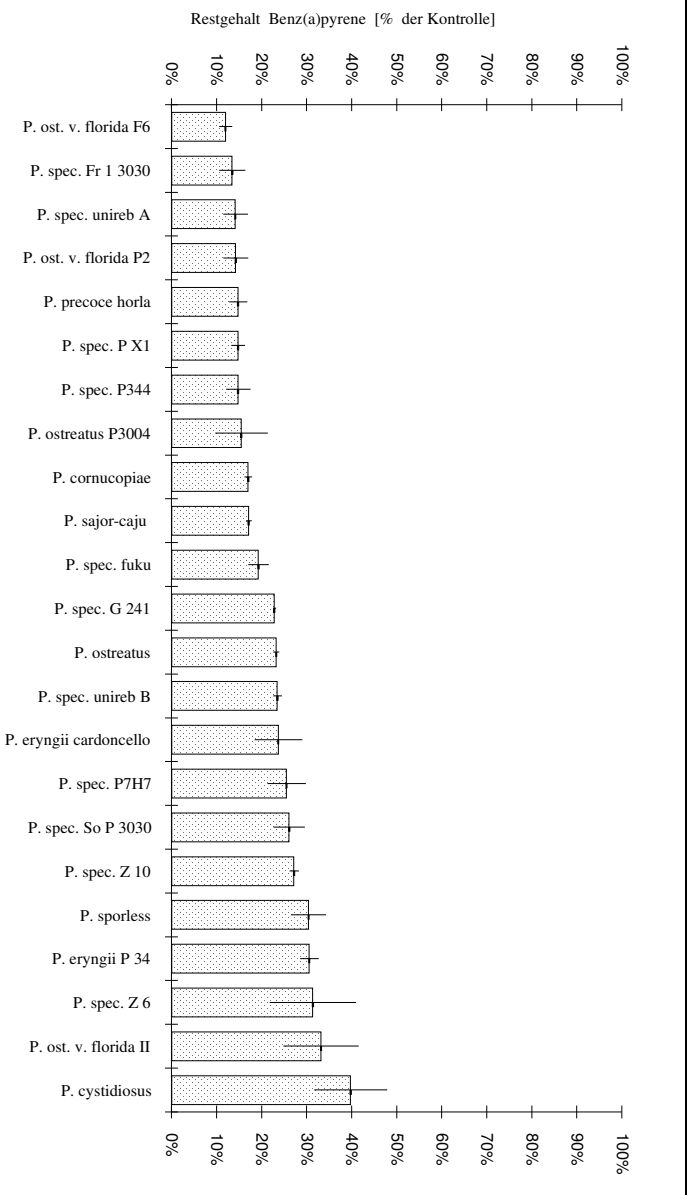


Abbildung 3: Abbau von Benz(a)pyren durch Weißfäulepilze in einem System aus Quarzsand und Weizenstroh. *Pleurotus*-Stämme im oberen Teil der Abbildung und weitere Weißfäulepilze im unteren Teil. Inkubationszeit 60 Tage.

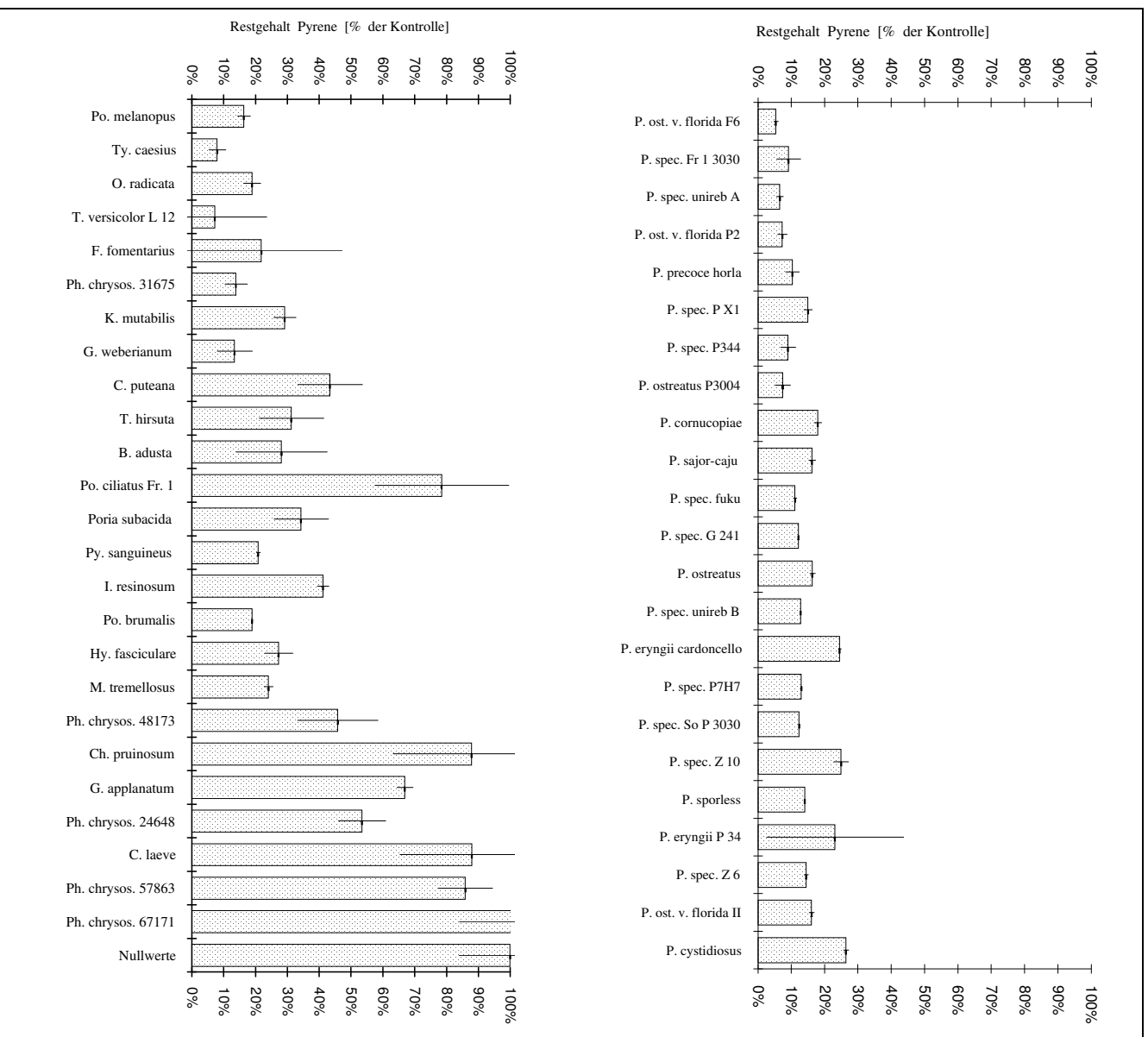


Abbildung 4: Abbau von Pyren durch Weißfäulepilze in einem System aus Quarzsand und Weizenstroh. *Pleurotus*-Stämme im oberen Teil der Abbildung und weitere Weißfäulepilze im unteren Teil. Inkubationszeit 60 Tage.

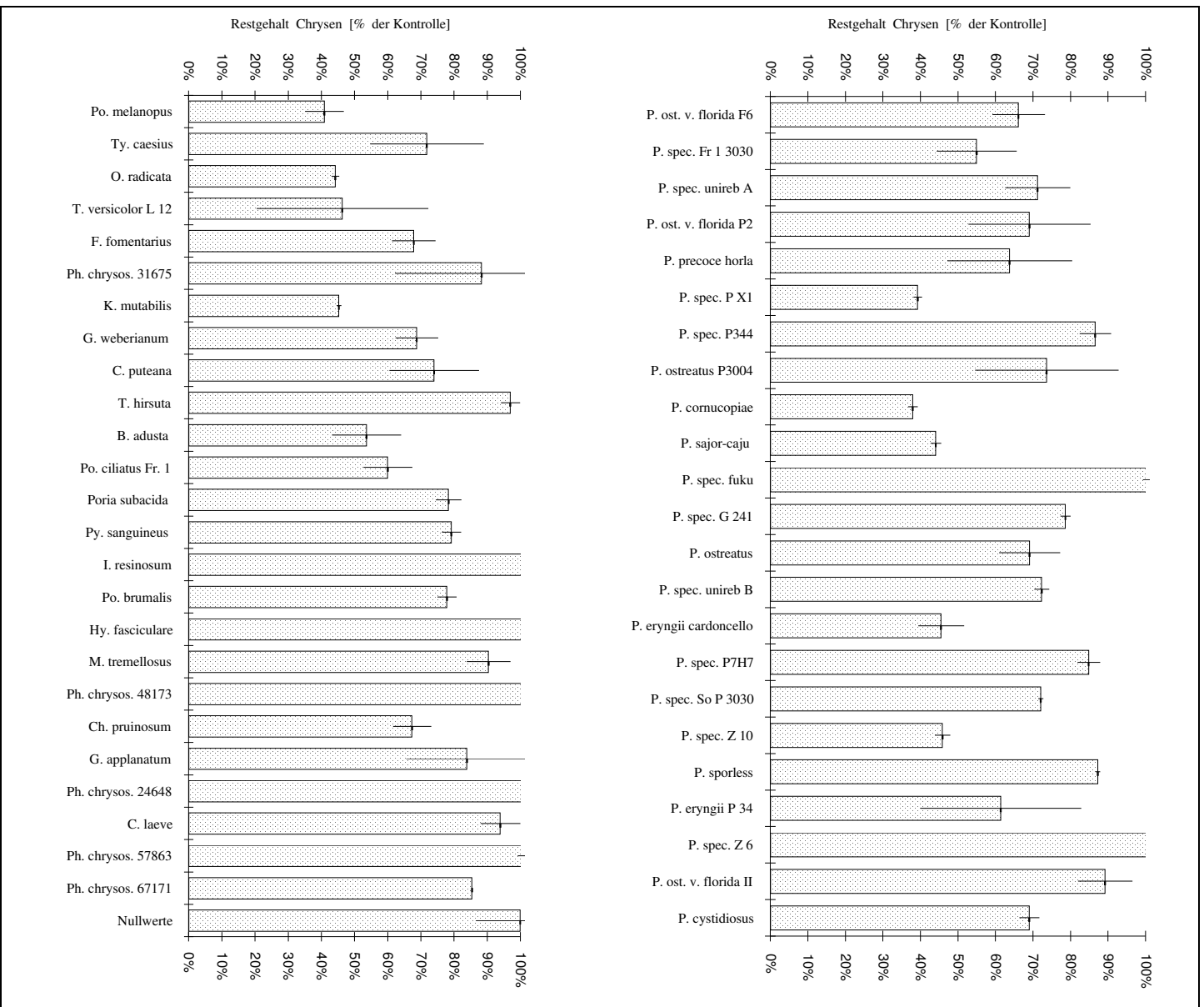


Abbildung 5: Abbau von Chrysen durch Weißfäulepilze in einem System aus Quarzsand und Weizenstroh. *Pleurotus*-Stämme im oberen Teil der Abbildung und weitere Weißfäulepilze im unteren Teil. Inkubationszeit 60 Tage.

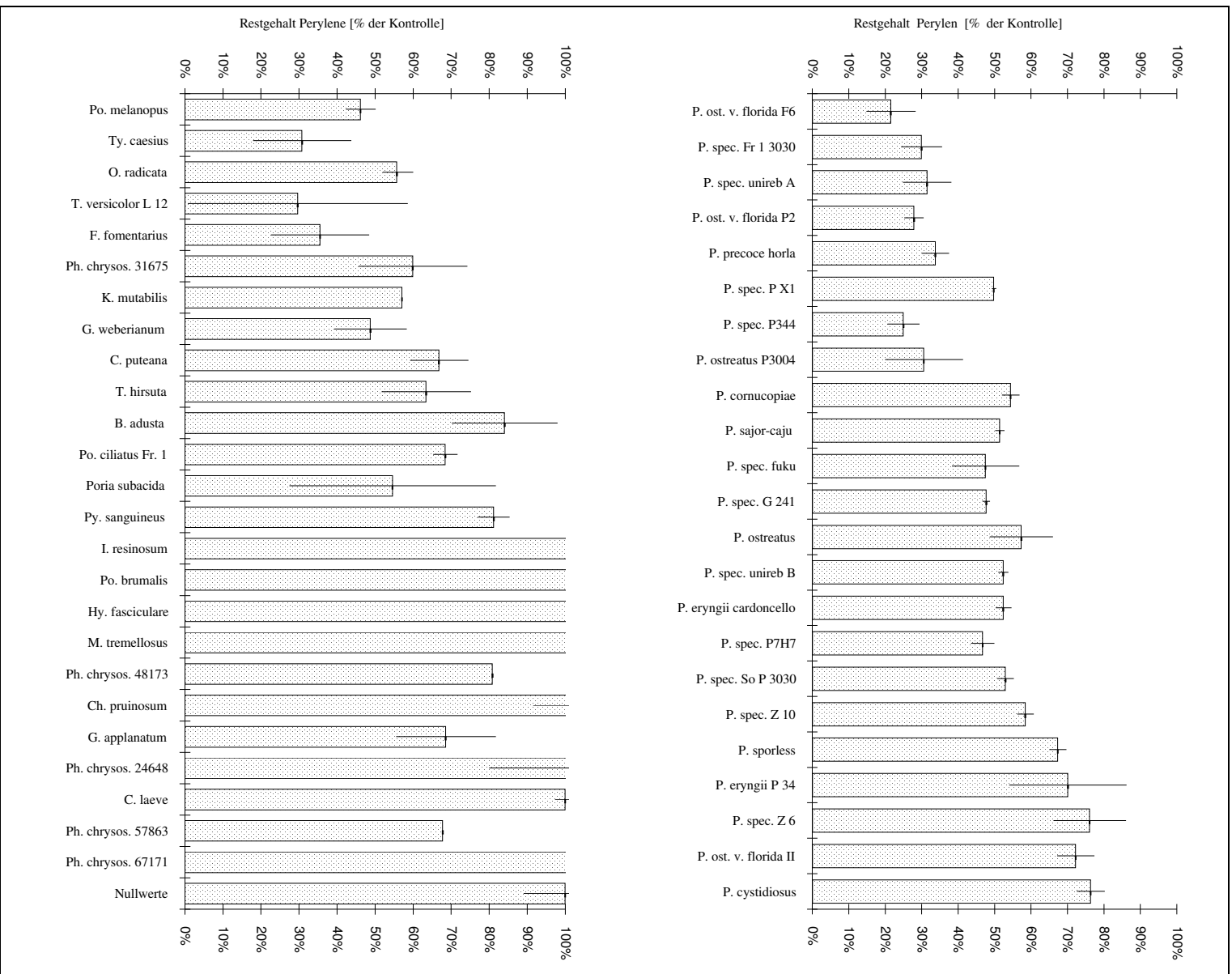


Abbildung 6: Abbau von Perylen durch Weißfäulepilze in einem System aus Quarzsand und Weizenstroh. *Pleurotus*-Stämme im oberen Teil der Abbildung und weitere Weißfäulepilze im unteren Teil. Inkubationszeit 60 Tage.

Tabelle 9: Schadstoffbelastung des Boden des ehemaligen Gaswerks Solingen-Ohligs

Cyanid:	11	ppm
Phenol (ges.)-Index:	1,7	ppm
Arsen:	24	ppm
Blei:	374	ppm
Cadmium:	2,7	ppm
Chrom gesamt:	83	ppm
Quecksilber:	2,9	ppm
Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol:	< 0,1	ppm
Naphtalin:	< 0,1	ppm
Dimethylnaphtalin:	< 0,1	ppm
Acenaphten:	0,1	ppm
Fluoren:	0,2	ppm
Phenanthren:	2,5	ppm
Anthracen:	1,5	ppm
Fluoranthren:	12,8	ppm
Pyren:	11,2	ppm
Benz[a]anthracen:	7,5	ppm
Chrysen:	9,2	ppm
Benz[b+k]fluoranthren:	18,5	ppm
Benz[e]pyren:	8,0	ppm
Benz[a]pyren:	13,1	ppm
Perylen:	4,6	ppm
Indeno[123-cd]pyren:	9,2	ppm
Benz[ghi]perylen:	7,2	ppm
Summe der PAKs	105,6	ppm

Kornverteilung des Bodens:

	Grob-	Mittel-	Fein-
Sand:	10 %	23 %	21 %
Schluff:	24 %	11 %	3 %

Tabelle 10: PAK Gehalte zweier Bodenproben der Ruhrkohle AG, Essen.

PAK [mg/kg TS]	Boden 1		Boden 1 gesiebt		Boden 2		Boden 2 gesiebt	
	Mittelwert	Stabw	Mittelwert	Stabw	Mittelwert	Stabw	Mittelwert	Stabw
Naphthalene	2,48	0,0	2,70	0,3	4,33	0,4	6,05	1,8
Acenaphthylene	0,63	0,0	0,85	0,1	2,80	1,4	1,99	0,2
Acenaphthene	1,10	0,1	0,96	0,1	3,24	0,7	2,18	0,3
Fluorene	4,22	0,3	4,34	0,5	12,54	2,6	8,40	1,1
Phenanthrene	16,01	4,0	16,15	1,5	56,91	19,3	35,45	2,2
Anthracene	2,99	0,2	3,80	0,4	15,09	6,6	9,46	0,6
Fluoranthene	24,11	3,6	20,10	1,1	61,27	14,5	49,73	1,7
Pyrene	15,13	1,6	12,79	0,7	37,77	8,9	31,06	0,9
Benz[a]anthracene	5,63	0,1	6,07	0,4	17,87	5,1	14,79	0,5
Chrysen	5,35	0,3	5,99	0,3	18,08	6,2	14,50	0,9
Benzo[b]fluoranthene	4,66	1,0	5,83	1,4	13,09	3,7	9,97	0,7
Benzo[k]fluoranthene	1,39	0,7	1,22	1,4	5,17	3,7	5,51	0,4
Benzo[a]pyrene	2,27	0,2	2,87	0,1	8,20	3,1	6,58	0,5
Indeno[123-cd]pyrene	1,58	0,2	1,98	0,1	5,67	2,3	4,61	0,4
Dibenz[ah]anthracene	0,72	0,1	0,89	0,0	2,40	0,9	2,09	0,2
Benzo[ghi]perylene	1,50	0,2	1,87	0,1	5,38	2,1	4,35	0,4
Summe	89,78	8,2	80,10	4,9	205,21	79,6	131,59	6,7

Die Korngrößenanalyse (Schlammnanalyse) der beiden Böden ergab folgende Verteilung:

Kornfraktion	RKB-Boden1	RKB-Boden2
Ton	5,3	5,0
Feinschluff	1,7	3,4
Mittelschluff	2,2	6,8
Grobschluff	26,9	23,3
Feinsand	18,3	24,4
Mittelsand	28,9	26,4
Grobsand	16,8	10,7

Tabelle 11: Verteilung der PAK-Kontamination des Ruhrkohlebodens auf verschiedene Kornfraktionen

Fraktion PAK [mg/kg]	> 0,63 mm (Grobsand)		0,63-0,2 mm (Mittelsand)		0,2-0,063 mm (Feinsand)		< 0,063 mm / Staub	
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.
	Kontainer / Boden : 1							
Naphthalen	2,02	29%	2,57	2%	3,20	8%	1,72	1%
Acenaphthylen	2,71	105%	0,98	4%	0,88	11%	0,72	9%
Acenaphthen	1,32	54%	0,58	68%	0,14	39%	0,03	35%
Fluoren	2,74	72%	1,12	56%	0,50	24%	0,25	4%
Phenanthren	18,13	21%	15,21	28%	11,65	5%	6,37	4%
Anthracen	1,74	35%	1,34	27%	0,88	11%	0,64	15%
Fluoranthen	13,04	15%	12,46	18%	11,27	5%	6,55	0%
Pyren	6,26	13%	5,53	29%	4,79	38%	1,84	0%
Benz[a]anthracen	4,66	13%	3,55	5%	2,58	8%	1,42	2%
Chrysen	14,11	4%	13,92	5%	12,96	3%	9,14	2%
Benzo[b]fluoranthen	11,72	26%	9,65	9%	8,27	6%	5,55	3%
Benzo[k]fluoranthen	1,15	27%	0,95	8%	0,47	99%	0,19	20%
Benzo[a]pyren	10,95	24%	9,23	9%	7,93	7%	5,51	5%
Indeno[123-cd]pyren	3,87	30%	2,80	10%	2,29	11%	1,33	2%
Dibenz[ah]anthracen	4,21	30%	3,41	6%	2,93	7%	1,68	3%
Benz[ghi]perylene	5,49	22%	4,29	7%	3,68	13%	2,12	3%
Summe :	104,12	1%	87,58	9%	74,43	9%	45,05	3%
	Kontainer / Boden : 2							
Naphthalen	1,60	24%	1,71	3%	2,10	2%	3,23	12%
Acenaphthylen	0,87	10%	1,00	5%	0,90	2%	1,34	6%
Acenaphthen	0,40	58%	0,21	15%	0,19	10%	0,03	51%
Fluoren	1,04	58%	0,44	8%	0,38	7%	0,31	1%
Phenanthren	6,84	29%	4,72	8%	4,42	4%	9,24	5%
Anthracen	0,88	20%	0,94	6%	0,81	4%	1,46	0%
Fluoranthen	14,02	7%	13,50	11%	13,21	3%	27,34	5%
Pyren	4,54	11%	3,67	11%	3,32	4%	6,05	9%
Benz[a]anthracen	4,84	44%	4,42	9%	3,85	3%	6,84	5%
Chrysen	6,22	31%	6,41	16%	5,89	3%	27,97	4%
Benzo[b]fluoranthen	6,77	28%	7,12	31%	6,98	4%	15,65	3%
Benzo[k]fluoranthen	0,76	62%	0,80	5%	0,59	4%	1,01	2%
Benzo[a]pyren	3,29	53%	3,42	5%	2,78	4%	12,54	2%
Indeno[123-cd]pyren	3,10	64%	3,02	7%	2,28	10%	3,45	3%
Dibenz[ah]anthracen	1,72	61%	1,79	7%	1,36	5%	4,25	3%
Benz[ghi]perylene	2,39	63%	2,58	5%	1,88	4%	4,84	4%
Summe :	59,28	18%	55,75	12%	50,94	4%	122,90	1%

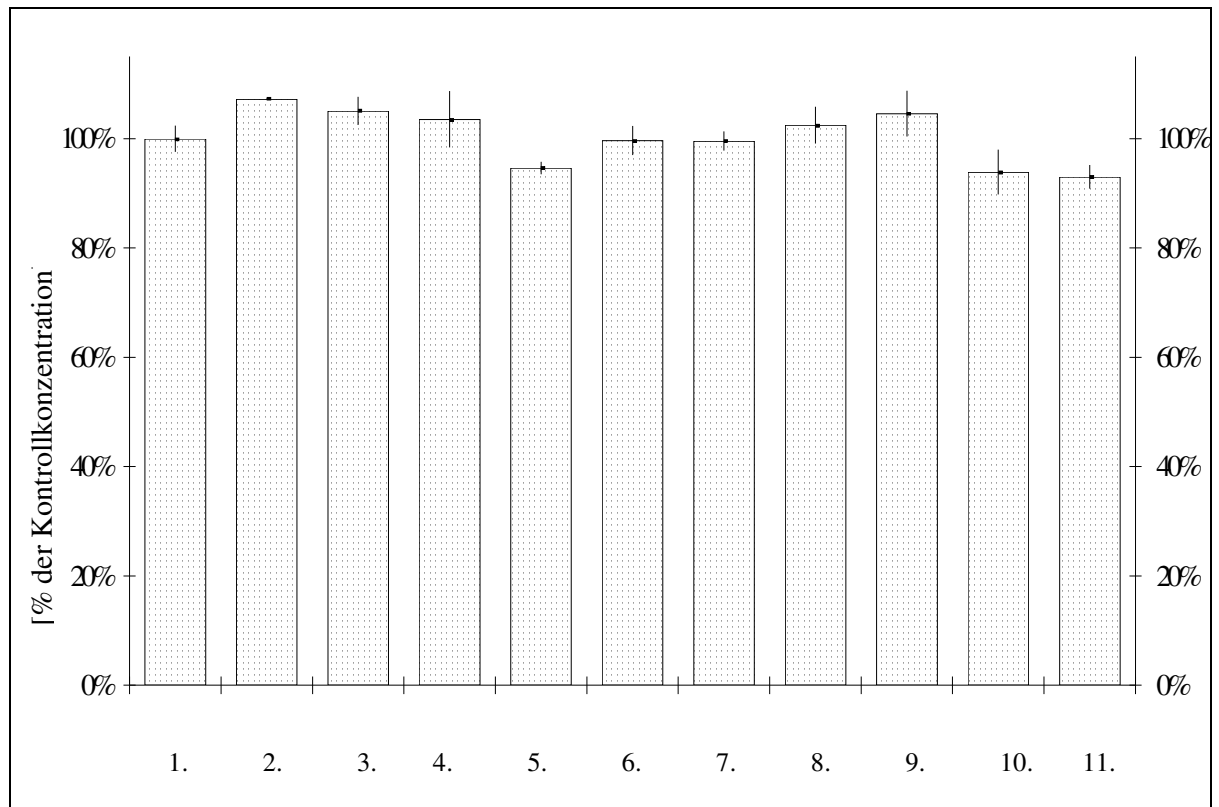


Abbildung 7: Inkubation von Boden des Gaswerkstandortes Solingen-Ohlgs mit Weißfäulepilzen für acht Wochen. Bezeichnung und Pilzwachstum wie folgt :

1. Kontrollen	-
2. <i>Pleurotus ostreatus</i> ssp. florida	+++!
3. <i>Pleurotus</i> spec. P X1 Hauster ostreatus	+++
4. <i>Pleurotus</i> Posch per horla	+!/+
5. <i>Pleurotus</i> spec., fuku	++
6. <i>Pleurotus ostreatus</i> ssp. florida II	++
7. <i>Pleurotus</i> eryngii, cardoncello	+
8. <i>Pleurotus</i> eryngii P 34	+++!
9. <i>Pleurotus sajor-caju</i>	+++
10. <i>Crucibulum laeve</i>	+++!/+
11. <i>Merulius-tremellosus</i>	+

Tabelle 12: PAK-Konzentrationen nach 8 wöchiger Inkubation von Boden des Gaswerkgeländes Solingen-Ohlgs mit *Pleurotus ostreatus*. Zugabe verschiedener Induktorsubstanzen (Konzentrationen bezogen auf TG Boden)

Versuchsbezeichnung	Kontrolle		3,4-Xylidin 6 ppm		3,4-Xylidin 30 ppm		Veratrylalkohol 10 ppm		Veratrylalkohol 100 ppm	
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
Phenanthren	2,53	12,4%	2,43	6,3%	2,44	14,1%	2,60	10,4%	3,20	16,0%
Anthracen	1,10	0,3%	1,13	8,4%	0,95	16,4%	1,01	11,1%	1,13	10,0%
Fluoranthene	7,78	8,6%	6,47	4,4%	8,18	16,5%	8,68	7,0%	9,08	13,7%
Pyrene	7,23	7,1%	6,40	5,8%	6,02	17,9%	6,64	8,4%	6,62	14,4%
Benz[<i>a</i>]anthracene	8,03	4,0%	8,25	7,2%	6,22	23,2%	6,59	5,5%	6,33	15,9%
Chrysene	10,27	2,5%	10,93	5,2%	10,38	17,9%	10,43	4,2%	10,59	9,7%
Benzo[<i>b+k</i>]fluoranthene	17,53	1,9%	18,76	6,3%	18,12	15,6%	18,33	7,9%	18,23	9,1%
Benzo[<i>a</i>]pyrene	9,07	0,8%	9,05	4,4%	7,54	15,9%	7,63	2,2%	7,92	11,5%
Indeno[123- <i>cd</i>]pyrene	8,54	0,7%	8,70	4,9%	7,40	14,3%	8,59	2,4%	7,50	9,7%
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	2,96	21,5%	3,11	19,1%	2,97	15,6%	3,42	1,7%	2,98	9,8%
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	8,40	0,6%	9,02	4,9%	7,54	12,4%	8,21	3,3%	7,77	8,0%
Summe	83,43	4%	84,25	6%	77,73	16%	82,12	5%	81,34	11%

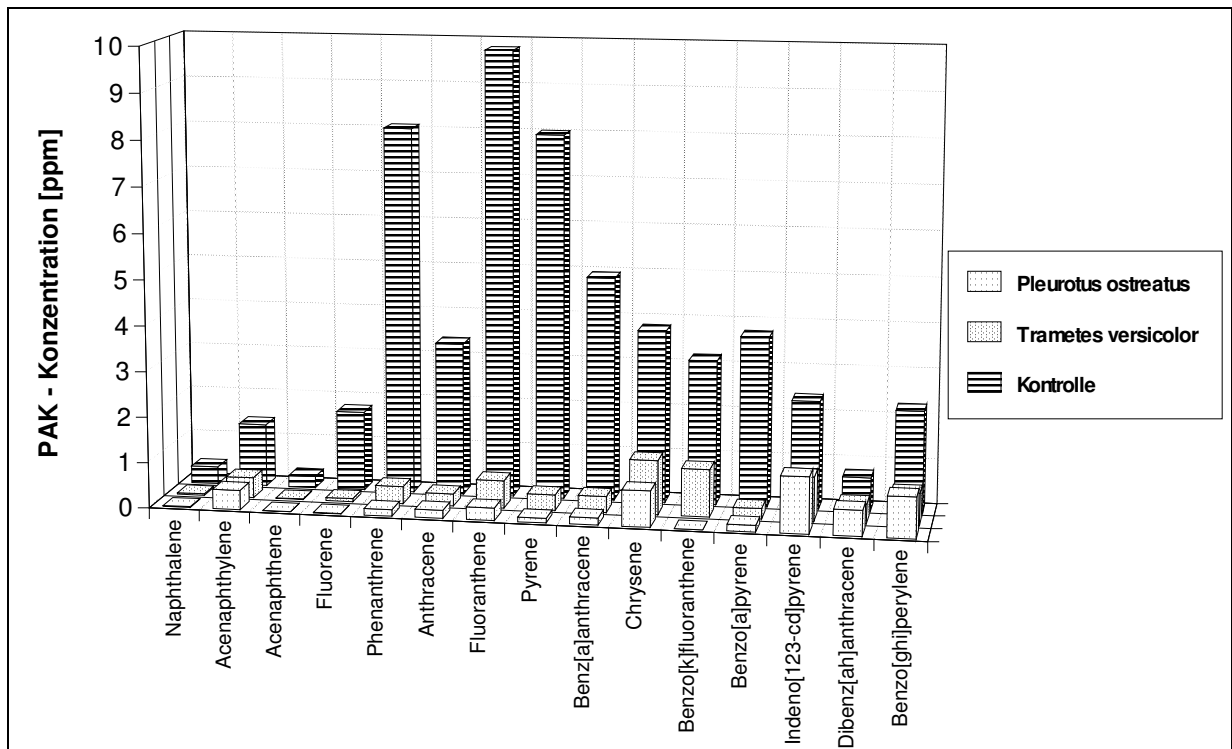


Abbildung 7: Abbau einzelner PAKs durch die Weißfäulepilze *Pleurotus ostreatus* und *Trametes versicolor* nach acht Wochen Inkubation eines PAK-Extraktes auf Holzspänen mit Kartoffelpülpe. Die PAKs wurden durch Extraktion eines entwässerte Schlammes einer Bodenwaschanlage am Soxhlet mit Aceton erhalten und auf Holzspäne überführt. Bonitierung der Ansätze durchweg mit +++! (hervorragendem Wachstum). Gesamtabbau von *Pleurotus ostreatus* mit 86% und von *Trametes versicolor* mit 84% der Kontrollkonzentration.

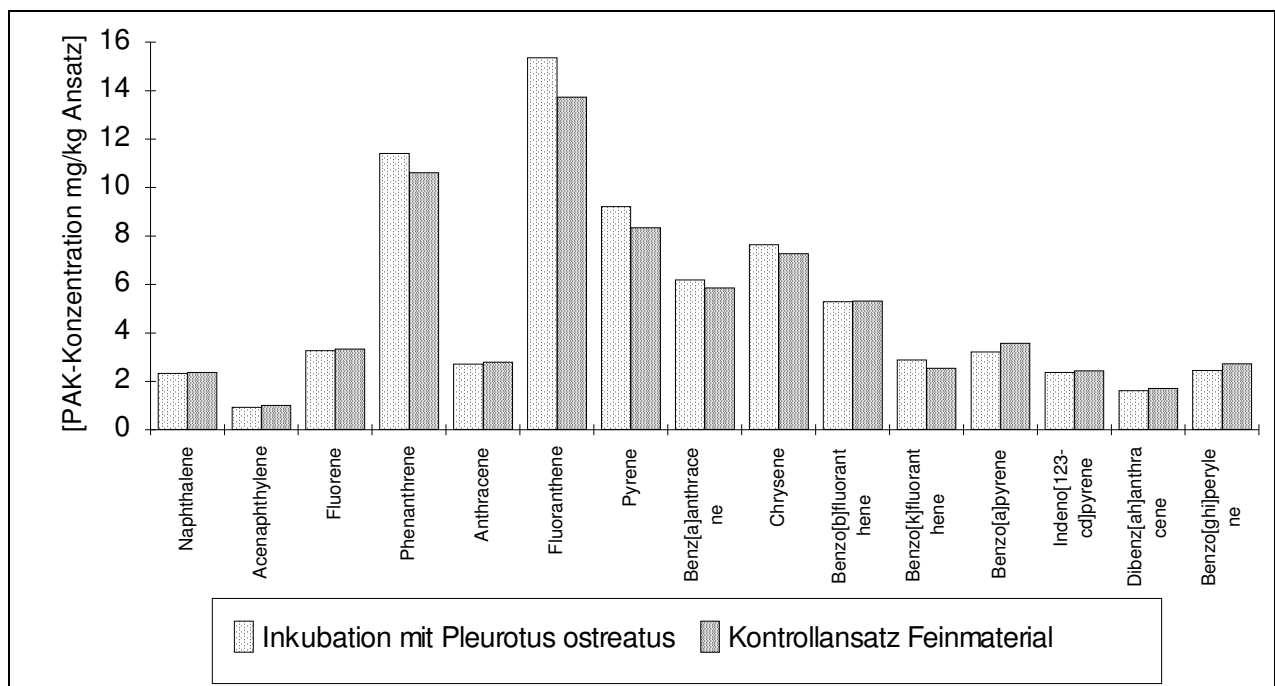


Abbildung 8: Mittelwerts-Konzentrationen einzelner PAKs nach Inkubation des Feinanteils (< 30 μm) des RKB nach Bodenwäsche, Inkubation mit *Pleurotus ostreatus* für acht Wochen (Wachstum mit +++ bonitiert).

Tabelle 13: Wachstum von je 3 Parallelansätzen der Weißfäulepilze, bei einer Ansatzgröße von je 2,5 g Spänen mit Malzmedium-Zugabe (H) oder Pülpemischung (HP), bzw. mit (+L) und ohne Ligninsulfonat als Induktor.

		Drehung/Störung #				
	Kurzbez.	1 Woche	2 Woche	3 Woche ↓	4 Woche	Endboni.
Holzspäne/ Malz						
Kontrolle	H	-	-	-	-	-
	H+L	-	-	-	-	-
<i>Trametes versicolor</i>	H	++(+)	+++	++	+	+/ k
	H+L	++(+)	+++	++(+)	+	+
<i>Pleurotus ostreatus</i>	H	++(+)	+++	+++/ k	+++	+++
	H+L	++(+)	+++	+++	++(+)	+++
<i>Pleurotus spec. G241</i>	H	++(+)	+++	+++	++(+)	++(+)
	H+L	++(+)	+++	+++	+(+)	+(+)
<i>Phanerochaete chrysosp. I</i>	H	++	+(+)	+(+)	+	+(+)
	H+L	+	+	+	(+)	+
<i>Phanerochaete chrysosp. II</i>	H	+	+	(+)/ +	-/ (+)/ k	-
	H+L	+	+	(+)	(+)	-
Holzspäne / Pülpe						
Kontrolle	HP	-	-	-/ k10%	-/ k10%	-/ k5%
	HP+L	-	-/ k?	-/ k<10%	-/ k15%	-/ k15-5%
<i>Trametes versicolor</i>	HP	++	++(+)	++(+)	++	++
	HP+L	++	++(+)	++(+)	++	++
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HP	++	+++!	+++!	+++!	+++!
	HP+L	++	+++!	+++!	+++!	+++!
<i>Pleurotus spec. G241</i>	HP	++	+++	+++	++(+)	+++!
	HP+L	++	+++	+++	++(+)	+++!
<i>Phanerochaete chrysosp. I</i>	HP	++/ +	++/ +	+(+)/ k	k/ +(+) k	k
	HP+L	++	++	++/ k	++/ k	k
<i>Phanerochaete chrysosp. II</i>	HP	+(+)	+(+)	+(+)	k	k
	HP+L	+(+)	+(+)	+(+)	-	-

Nach drei Wochen bildeten die Pilze mit den Spänen einen zusammenhängenden Block. Die Holzmycelblöcke wurden daraufhin im Glas gewendet, um auch den unteren Teil der Matrix optimal mit Sauerstoff zu versorgen. Diese Störung führte bei den Ansätzen mit *Trametes versicolor* zu Wachstumsinderung. Die Gefäße mit *Pleurotus ostreatus* waren dagegen nach kürzester Zeit wieder voll durchwachsen waren. Kontaminationen traten in einigen Fällen in den Ansätzen mit *Phanerochaete chrysosporium* und einem Teil der Kontrollen auf.

Tabelle 14: PCB-Restgehalte nach fünf Wochen Inkubation mit Weißfäulepilze; Bezeichnung Tabelle 13.

Restgehalte in [%]		<i>T. versicolor</i>				<i>P. ostreatus ssp. florida</i>				<i>Pleurotus spec. G241</i>			
		H-L	H+L	HP-L	HP+L	H-L	H+L	HP-L	HP+L	H-L	H+L	HP-L	HP+L
1MonoCB	98,0	2,9	1,7	1,5	0,7	0,9	1,1	0,4	0,5	0,8	3,3	2,5	2,6
5DiCB	94,6	2,1	1,4	0,6	0,9	1,4	1,1	0,5	0,5	1,2	5,6	1,1	1,5
29TriCB	89,6	26,1	19,8	10,5	10,8	10,9	12,5	4,0	3,9	14,6	31,0	7,7	7,4
28TriCB	89,9	16,0	11,6	9,2	9,6	15,9	13,8	5,2	5,6	16,4	35,8	9,4	9,5
52TetraCB	93,0	53,1	44,4	45,6	47,6	27,7	26,7	12,3	11,7	31,2	49,9	18,6	19,3
101PentaCB	99,8	52,0	57,5	53,2	54,6	61,0	52,1	26,3	34,1	48,0	75,9	44,6	36,2
77TetraCB	97,9	74,3	67,4	75,3	80,2	68,3	85,0	61,2	62,4	75,0	81,0	70,7	75,4
153HexaCB	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
138HexaCB	99,7	71,8	63,7	50,2	50,9	89,8	85,6	62,7	64,0	89,9	94,8	75,1	76,7
180HeptaCB	100,2	104,7	105,7	101,1	104,3	101,4	101,3	99,9	103,5	103,5	102,6	100,2	99,9