

Energie- und Ressourcen-Management GmbH  
Alter Zürichweg 21  
CH-8952 Schlieren  
Tel 044 371 40 90  
Fax 044 371 40 04  
Natel 079 541 38 89  
rubli@energie-ressourcen.ch  
www.energie-ressourcen.ch



# **Untersuchung zur PCP-Belastung in Holzkonstruktionen von Gebäuden im Kanton Zürich**

## **Schlussbericht**

**Im Auftrag des:**

**Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich**

**Abfallwirtschaft**

Hr. Beat Hürlimann

ausgearbeitet durch:

**Energie- und Ressourcen-Management GmbH**

Dr. Stefan Rubli

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Ausgangslage.....</b>	<b>4</b>
1.1.1	Grundlagen.....	4
1.1.2	Chronische Wirkung auf den Menschen.....	4
1.1.3	Von der Entsorgung ausgehende Risiken und Schadstoffpotenziale .....	4
<b>1.2</b>	<b>Zielsetzung .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>METHODISCHES VORGEHEN UND PROBENAHE .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Grundlagen zur Objektauswahl.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Probenahmen .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>Analysen .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>RESULTATE .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Szenarien zur Abschätzung des PCP-Gehaltes in der gesamten Altholzfraktion.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Handlungsspielräume und mögliche Massnahmen.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>14</b>
	<b>ANHANG .....</b>	<b>15</b>
<b>A.1</b>	<b>Beschreibung der Proben und Analysresultate .....</b>	<b>15</b>

## 1 Ausgangslage und Zielsetzung

### 1.1 Ausgangslage

In den nachfolgenden Kapiteln wird zunächst auf die Verwendung und den Einsatz von Pentachlorphenol (PCP) eingegangen. Anschliessend wird kurz die chronische Wirkung auf den Menschen thematisiert und die möglichen Risiken und Schadstoffpotenziale bei der stofflichen und thermischen Verwertung erläutert.

#### 1.1.1 Grundlagen

Pentachlorphenol gehört als halogenierte Verbindung zu den chlorierten, cyclischen Kohlenwasserstoffen mit der chemischen Summenformel  $C_6Cl_5OH$ . Aufgrund der bakteriziden und fungiziden Wirkung wurde PCP als Desinfektions- und Konservierungsmittel und als Lederschutz eingesetzt. Bis zum Verbot im Jahr 1989 war der Einsatz von PCP als Fungizid in Holzschutzmitteln relativ weit verbreitet. Die PCP-haltigen Holzschutzmittel wurden vor allem in den 50er bis Ende der 80er Jahre eingesetzt. Bis 1977 kamen überwiegend Mittel als Gemische von Lindan (Insektizid) und PCP (Fungizid) im Verhältnis 1:10 zum Einsatz (Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2008). Zwar war die Anwendung solcher Mittel vor allem für den Aussenbereich gedacht (gegen Schimmelpilz an feuchten Standorten), dennoch wurden diese Holzschutzmittel im grossen Ausmass zur Behandlung von Gebälk und Paneelen im Innenbereich eingesetzt. PCP ist insbesondere in Dachkonstruktionen (Gebälk) aufgrund ihrer relativ langen Lebensdauer in den Gebäuden noch heute nachzuweisen.

In den obersten Holzschichten von behandelten Holzteilen können Werte von einigen 1000 mg/kg PCP nachgewiesen werden. Allerdings reduzieren sich diese Gehalte schon nach wenigen Millimetern erheblich. Da PCP eine relativ flüchtige Verbindung ist, verdampft es allmählich aus dem behandelten Holz und lagert sich an anderen Oberflächen (v.a. auch Hausstaub) ab. Dies führt somit zu einer Sekundärkontamination und damit verbunden zu einer Kontamination von grösseren Bereichen im Umfeld der behandelten Gebäudeteile. Die Belastung der Innenraumluft ist von verschiedenen Faktoren, wie behandelte Flächen, Raumtemperatur und -feuchte, Lüftung, Alter und eingesetzte Menge des Anstrichs usw. abhängig.

#### 1.1.2 Chronische Wirkung auf den Menschen

Die Langzeitwirkungen einer PCP-Belastung sind schwer zu ermitteln. Oft sind es unspezifische Beschwerden wie Kopfweg, Übelkeit, Müdigkeit usw., die aber auch andere Ursachen haben können. Klagen die Bewohner über solche Beschwerden, sind weitere Untersuchungen, wie die Beprobung von Holz, des Hausstaubes und ergänzend dazu Raumluftmessungen angezeigt. Sollte sich der Verdacht aufgrund dieser Untersuchungen bestätigen, sind Sanierungsmassnahmen einzuleiten.

#### 1.1.3 Von der Entsorgung ausgehende Risiken und Schadstoffpotenziale

Bei einer Sanierung oder einem Rückbau gelangen die belasteten Holzfraktionen in die Altholzaufbereitung. Wie später noch erläutert wird, sind PCP-belastete Holzfraktionen nicht von unbelasteten Fraktionen zu unterscheiden. Aus diesem Grund können diese in die stoffliche oder

thermische Verwertung gelangen. Bei der stofflichen Verwertung wird das kontaminierte Holz wieder in den Kreislauf zurückgeführt. Somit liegt bei diesem Verwertungsweg ein erhöhtes Gefährdungspotenzial im Bereich der Kontamination der Raumluft vor.

Gelangt PCP-belastetes Altholz in die thermische Verwertung, so wird dieses zwar grösstenteils zu CO<sub>2</sub> mineralisiert, allerdings ist PCP aufgrund seiner chemischen Struktur prädestiniert als Vorläuferstoff (Precursor) zur Bildungen von Dioxinen und Furanen. Aus diesem Grund müssten diese belasteten Altholzfraktionen grundsätzlich in Altholzverbrennungsanlagen, welche mit einer weitergehenden Rauchgasreinigung bzw. mit einer Dioxinminderungsstufe ausgerüstet sind, zugeführt werden.

In der Vollzugshilfe Holzabfälle des BAFU (BAFU 2007) sind Richtwerte für PCP angegeben. Diese sind wie folgt angesetzt:

**Richtwert für die Materialverwertung: 3 mg/kg<sub>TS</sub>**

**Richtwert für die Unterscheidung zwischen problematischen und anderen Holzabfällen: 5 mg/kg<sub>TS</sub>**

## 1.2 Zielsetzung

Im Rahmen einer Probenahmekampagne sollen die PCP-Gehalte im Dachgebälk von verschiedenen Gebäuden im Kanton Zürich stichprobenartig untersucht werden. Die Untersuchung soll Aufschluss darüber geben, ob bzw. wie breit das Holzschutzmittel im Kanton Zürich eingesetzt wurde und ob es Anhaltspunkte gibt, dass das Holzschutzmittel regional, gebäudespezifisch (Nutzung, Alter usw.) oder eigentümerspezifisch in unterschiedlicher Häufigkeit eingesetzt wurde. Es wird eruiert, wie hoch die Oberflächenbelastungen in den untersuchten Holzbalken tatsächlich sind. Da PCP hauptsächlich in den 50er- bis 70er-Jahren breit eingesetzt wurde, werden vor allem Gebäude dieser Altersklasse untersucht.

Sollte sich zeigen, dass ein erheblicher Anteil der untersuchten Gebäude PCP-belastetes Gebälk enthält, wird das AWEL entscheiden müssen, ob Handlungsbedarf in Bezug auf die Aufbereitung und Verwertung von Altholz bzw. deren Überwachung besteht und welche Massnahmen allenfalls eingeleitet werden sollen.

## 2 Methodisches Vorgehen und Probenahme

### 2.1 Grundlagen zur Objektauswahl

Um möglichst aussagekräftige Resultate zu erzielen, wurden die Probenahmen in verschiedenen Regionen des Kantons Zürich durchgeführt. Der Kanton Zürich besitzt eigene Liegenschaften, welche durch die Kantag Liegenschaften AG bewirtschaftet und betrieben werden. In Zusammenarbeit mit der Fachstelle Bauökologie des Hochbauamtes des Kantons Zürich wurden zunächst Kriterien für die Auswahl der in Frage kommenden Gebäude definiert. Diese wurden an die Kantag Liegenschaften AG weitergeleitet. Die Kantag stellte auf Grundlage dieser Informationen eine Liste von Objekten zur Verfügung. Somit war der Zugang zu einem grossen Teil der Gebäude, welche in Bezug auf die Nutzung und die Lage für die Untersuchung in Frage kamen, gewährleistet. Zudem hatte die Energie- und Ressourcen-Management GmbH (ERM

GmbH) Zugang zu weiteren Objekten. Da es sich hier um private Auftraggeber handelte (für Gebäudechecks und Rückbau- und Sanierungsbegleitungen) mussten diese zunächst angefragt werden, ob in diesen Objekten Probenahmen vorgenommen werden durften. Insgesamt konnten somit in 30 Objekten Proben genommen werden. Es handelt sich dabei grösstenteils um Mehr- oder Reiheneinfamilienhäuser.

## 2.2 Probenahmen

Die Probenahmen erfolgen mittels eines Stechbeitels. Dabei wird die oberste Holzschicht, das heisst ca. 2-3 mm, mit dem Stechbeitel herausgeschlagen (Abbildung 1). Bei den Probenahmen Nr. 1 - 10 wurden jeweils zwei Proben von einer Fläche von ca. 10 cm<sup>2</sup> entnommen (siehe Abbildung 2), wobei eine Probe ins Labor zur Analyse geschickt wurde. Die andere Probe wurde als Rückstellprobe in eine Plastiktüte verpackt und steht dem Auftraggeber bei Bedarf zur Verfügung. Bei den Probenahmen Nr. 11 - 30 handelt es sich um Mischproben, die von verschiedenen Holzbalken in einem Dachgebälk entnommen und zu einer Probe vermischt wurden. Auch hier wurde jeweils eine Mischprobe zurückgestellt.



Abbildung 1: Probenahme an einem tragenden Holzbalken mittels Stechbeitel.



Abbildung 2: Es werden jeweils zwei bzw. mehrere Proben mit einer Schichtdicke von ca. 2-3 mm entnommen.

## 2.3 Analysen

Die Proben wurden der Technologica GmbH zur PCP-Analyse geschickt. Als Methode wird für die Schnellerkennung die Ionenmobilitätsspektrometrie angegeben, die genaue Bestimmung erfolgt mittels GC-MSD (Isotopenverdünnungsmethode <sup>13</sup>C<sub>6</sub>-Pentachlorphenol). Die Prüfberichte des Labors liegen dem AWEL bereits vor.

### 3 Resultate

In der Tabelle 1 sind die Resultate aus den Analysen der 30 genommenen Holzproben aufgeführt. Es ist gut zu erkennen, dass im vorwiegenden Teil der Proben kein PCP nachgewiesen werden konnte (unterhalb der Nachweisgrenze von 0,20 mg/kg organische Substanz). Bei vier Proben konnten PCP-Gehalte von teilweise deutlich über 5mg/kg OS nachgewiesen werden (hellrot markiert). Bei einer Probe lag der Wert zwischen 3 und 5 mg/kg OS (gelb markiert).

Tabelle 1: Resultate aus den Analysen der 30 Holzproben, angegeben in mg/kg organische Substanz. In der dritten Spalte ist die Objektart angegeben: I+G = Industrie- oder Gewerbegebäude, BH = Bauernhaus, REFH = Reiheneinfamilienhaus, EFH = Einfamilienhaus, MFH = Mehrfamilienhaus, DLG = Dienstleistungsgebäude. Dort wo bekannt, ist auch das Baujahr des untersuchten Gebäudes angegeben.

Probennummer	Probenahmeort	Objekt	Baujahr	Materialprobe	Probenfarbe	Gehalt in mg/kg OS
Nr. 1	8048 Zürich	I+G		Stützbalken	schwarz	<0,20
Nr. 2	8048 Zürich	I+G		Dachbalken	schwarz	<0,20
Nr. 3	8048 Zürich	I+G		Stützbalken	braun-schwarz	<0,20
Nr. 4	8600 Dübendorf	I+G		Dachbalken	braun	<0,20
Nr. 5	8635 Dürnten	I+G		Stützbalken	dunkelgrau-braun	<0,20
Nr. 6	8308 Illnau	BH		Bretter Aussenwand	schwarz	<0,20
Nr. 7	8308 Illnau	BH		Dachbalken	hellbraun	<0,20
Nr. 8	8046 Zürich	REFH		Dachbalken	hellbraun	<0,20
Nr. 9	8046 Zürich	REFH		Dachbalken	hellbraun	0,30
Nr. 10	8048 Zürich	EFH		Dachbalken	dunkelgrau-braun	<0,20
Nr. 11	8046 Zürich	REFH		Dachkonstruktion	braun	0,22
Nr. 12	8046 Zürich	REFH		Dachkonstruktion	braun	<0,20
Nr. 13	8050 Zürich	MFH		Dachkonstruktion	hellbraun	<0,20
Nr. 14	8050 Zürich	MFH		Dachkonstruktion	braun	<0,20
Nr. 15	8006 Zürich	MFH		Dachkonstruktion	dunkelbraun	<0,20
Nr. 16	8006 Zürich	MFH		Dachkonstruktion	dunkelbraun	<0,20
Nr. 17	8462 Rheinau	MFH	1956	Dachkonstruktion	dunkelbraun	<0,20
Nr. 18	8462 Rheinau	MFH	1955	Dachkonstruktion	hellbraun	<0,20
Nr. 19	8462 Rheinau	MFH	1720	Dachkonstruktion	dunkelbraun	0,55
Nr. 20	8462 Rheinau	MFH	1972	Dachkonstruktion	hellbraun	590
Nr. 21	8462 Rheinau	REFH	1956	Dachkonstruktion	sehr alte Balken, wurmstichig	760
Nr. 22	8462 Rheinau	MFH		Dachkonstruktion		37
Nr. 23	8462 Rheinau	MFH	1926	Dachkonstruktion	dunkelbraun	0,27
Nr. 24	8462 Rheinau	REFH	1760	Dachkonstruktion	hellbraun	0,93
Nr. 25	8462 Rheinau	REFH	1760	Dachkonstruktion	schwarz	<0,20
Nr. 26	8045 Zürich	MFH	1934	Dachkonstruktion	braun	<0,20
Nr. 27	8032 Zürich	MFH	1985	Dachkonstruktion	braun	<0,20
Nr. 28	8180 Bülach	DLG		Dachkonstruktion	braun	4,7
Nr. 29	8180 Bülach	MFH	1959	Dachkonstruktion	hellbraun	250
Nr. 30	8180 Bülach	EFH		Dachkonstruktion	hellbraun	0,89

Bei einigen Proben mit erheblichen PCP-Belastungen ist das Baujahr der Gebäude angegeben. Gut zu erkennen ist, dass das Baujahr der Proben 20, 21 und 29 zwischen 1956 und 1972 liegt. Auch in älteren Gebäuden besteht die Möglichkeit, dass die Tragwerke nachträglich mit PCP-haltigen Mitteln behandelt wurden (Proben 19, 23, 24). Allerdings lagen die PCP-Gehalte bei diesen Objekten deutlich unter den im Kapitel 1.1.3 angegebenen Richtwerten. Möglich wäre auch eine leichte Kontamination bei diesen Probenahmen durch vorangegangene Beprobungen von hochbelasteten Holzbalken. Zwar wurden die Stechbeitel nach jeder Probenahme gereinigt, möglich wäre aber eine Kontamination durch Ablagerung von PCP-belasteten Staubpartikeln auf dem Holz.

Die in der Tabelle 1 angegebenen Werte beziehen sich auf die Probe und damit ausschliesslich auf die oberste Holzschicht. Die im Kapitel 1.1.3 angegebenen Richtwerte von 3 mg/kg bzw. 5 mg/kg beziehen sich auf die Altholzfraktion. Nimmt man nun an, dass der durchschnittliche Querschnitt eines Holzbalkens 10 cm x 20 cm ist und die Eindringtiefe von PCP im Bereich von 10 mm liegt, dann kann der PCP-Gehalt des Holzbalkens abgeschätzt werden (Tabelle 2). Vereinfachend wird hier angenommen, dass die 5 mm dicke Schicht gleich stark belastet ist, womit der PCP-Gehalt eher etwas überschätzt wird.

Es zeigt sich, dass auch bei dieser Betrachtung die Richtwerte teilweise noch immer deutlich überschritten werden. Allerdings beziehen sich die Richtwerte der Vollzugshilfe auf die gesamte Altholzfraktion eines Aufbereitungsplatzes. Auf diesen Aspekt wird im Diskussionsteil näher eingegangen.

Tabelle 2: Abschätzung der PCP-Belastung in den Holzbalken (3. Spalte) ausgehend von den im Labor bestimmten PCP-Gehalten (2. Spalte).

Probennummer	Gehalt in mg/kg OS in Probe	Gehalt in mg/kg OS in Balken
Nr. 20	590	86
Nr. 21	760	110
Nr. 22	37	5
Nr. 28	4,7	0.7
Nr. 29	250	36

Grundsätzlich lässt sich aus den Untersuchungen schliessen, dass von den 30 untersuchten Objekten in den Dachkonstruktionen in 3 Objekten starke PCP-Belastungen in den Holzbalken nachgewiesen werden konnten (Proben Nr. 20, 21 und 29). In einem Objekt (Probe Nr. 22) wurde ein erhöhter PCP-Gehalt von ca. 5 mg/kg OS nachgewiesen. Unter der Annahme, dass die Untersuchungen repräsentativ sind, kann gefolgert werden, dass im Kanton Zürich in etwa 10% der bestehenden Gebäude mit Satteldach aus Holzkonstruktionen und mit Baujahr zwischen 1950 bis 1990, die Holzbalken mit PCP-haltigen Holzschutzmitteln behandelt und relativ starke PCP-Belastungen aufweisen. Zwar basieren die in der vorliegenden Studie präsentierten Daten auf Stichproben, dennoch sind beispielsweise in Deutschland ähnliche Anteile an betroffenen Gebäuden bzw. Personen festgestellt worden (Dr. Schrägler, 2011, biomess 2012).

## 4 Diskussion

Die stichprobenartige Untersuchung hat gezeigt, dass in rund 10% der betrachteten Gebäude erhebliche PCP-Belastungen in den Holzkonstruktionen der Satteldächer vorliegen können. Um diese Aussage noch stärker zu stützen, müssten in den kommenden Jahren weitere Analysen durchgeführt werden. Dennoch gibt es Anzeichen, dass sich dieser Anteil in etwa bestätigen dürfte. Besteht nun Handlungsbedarf in Bezug auf die Aufbereitung und Verwertung von Altholz bzw. deren Überwachung und sind allfällige Massnahmen einzuleiten? Um diese Fragen zu beantworten, werden nachfolgend einige weitere Aspekte vertiefter beleuchtet.

### 4.1 Szenarien zur Abschätzung des PCP-Gehaltes in der gesamten Altholzfraktion

Wie bereits im Kapitel 3 erwähnt, beziehen sich die Richtwerte der Vollzugshilfe Holzabfälle des BAFU auf die gesamte Altholzfraktion auf einem Aufbereitungsplatz. Diese Altholzfraktionen bestehen nicht nur aus Holzbalken von Satteldächern. Vielmehr stammen die angelieferten Altholzfraktionen auch aus verschiedenen Quellen (z.B. Paletten, Möbel, Tür- und Fensterrahmen, Holzböden, Schalungsbretter, Wurzeln, Bahnschwellen, usw.). Um dennoch eine Abschätzung zur durchschnittlichen PCP-Belastung der Holzschnitzel aus einem solchen Aufbereitungsplatz vorzunehmen, müssen verschiedene Annahmen getroffen werden. Dazu gehört einerseits der oben erwähnte Anteil der PCP-belasteten Holzbalken aus Dachkonstruktionen. Weiter muss der Anteil der Dachholzkonstruktion am gesamten Altholz eines Aufbereitungsplatzes abgeschätzt werden. Zudem muss eine durchschnittliche PCP-Belastung bei den belasteten Holzbalken angenommen werden. Nachfolgend werden in Form von vier Szenarien einige Annahmen dazu gemacht und die resultierenden PCP-Gehalte in der gesamten Altholzfraktion eines Altholzaufbereitungsplatzes abgeschätzt (Tabelle 3).

Unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen der Szenarien müsste der Anteil der angelieferten Holzbalken aus Dachkonstruktionen bei über 30% liegen, damit der tiefere Richtwert von 3 mg/kg OS überschritten wird. In allen Szenarien wird davon ausgegangen, dass sowohl der Anteil der belasteten Holzbalken an den total angelieferten Holzbalken (10%) als auch die durchschnittlichen PCP-Gehalte in den belasteten Holzbalken (75 mg/kgOS) und in der restlichen Altholzfraktion (1.0 mg/kgOS) gleich bleibt. Auch diese Werte können verändert werden. Das kleine Modell kann dem AWEL bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 3: Szenarien zur Abschätzung der Auswirkungen von PCP-belasteten Holzbalken auf den PCP-Gehalt in der gesamten Altholzfraktion eines Aufbereitungsplatzes.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Anteil Holzbalken in Altholz in %	10	20	30	35
Anteil belastete Holzbalken in %	10	10	10	10
Anteil restliches Altholz in %	90	80	70	65
Durchschnitt PCP-Gehalt in belasteten Holzbalken in mg/kgOS	75	75	75	75
Durchschnitt PCP-Gehalt in restl. Altholzfraktion in mg/kgOS	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>Resultierender PCP-Gehalt in Altholzfraktion in mg/kgOS</b>	<b>1,65</b>	<b>2,3</b>	<b>2,95</b>	<b>3,28</b>

Die ERM- GmbH verfügt über keine Daten, welche die in der Tabelle 3 gemachten Annahmen bestätigen können. Hier müssten weitere Untersuchungen bzw. Analysen vorliegen. Allerdings ist anzunehmen, dass der Anteil der Holzbalken aus Dachkonstruktionen zeitlich stark variieren



kann. Findet ein grösserer Rückbau statt, in dem solche Holzbalken zu grossen Anteilen anfallen (z.B. Rückbau von Reiheneinfamilienhäusern), dann könnte es durchaus sein, dass der Anteil der Holzbalken am totalen Altholz die 30% übersteigen kann. Gemäss den Resultaten in der Tabelle 3 dürften dann die Holzschnitzel nicht mehr in die stoffliche Verwertung gehen.

#### **4.2 Handlungsspielräume und mögliche Massnahmen**

Für die Betreiber von Altholzaufbereitungsplätzen ist es sehr schwierig zu beurteilen, ob angelieferte Holzbalken PCP-belastet sind oder nicht. Eine Triagierung aufgrund einer visuellen Beurteilung ist nicht möglich, wie die Abbildungen 3 bis 6 zeigen<sup>1</sup>. In den Abbildungen 3 und 4 sind zwei Fotos von Proben aufgeführt, in denen kein PCP nachgewiesen werden konnte (unter der Nachweisgrenze von  $<0.2$  mg/kg OS des eingesetzten Ionenmobilitätsspektrometers). Hingegen weisen die Proben, die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt sind, hohe PCP-Gehalte auf. Wenn nun die Färbungen der Holzproben auf den Fotos miteinander verglichen werden, so ist gut erkennbar, dass eine visuelle Unterscheidung zwischen Holzproben, die PCP-belastet bzw. unbelastet sind, nicht möglich ist. Auch beim Riechen wird kein wesentlicher Unterschied feststellbar sein.

Eine visuelle Kontrolle auf dem Aufbereitungsplatz ist somit nicht zielführend. Dies bedeutet wiederum, dass bei jeder Anlieferung von Holzbalken Proben genommen und diese im Labor analysiert werden müssten oder es müsste eine Analysemethode zur Schnellerkennung von PCP zum Einsatz kommen. Das erst erwähnte Vorgehen ist zeitaufwändig und teuer und bedarf zudem eines gewissen Fachwissens bei der Probenahme. Auch die Schnellerkennung von PCP müsste eher durch eine externe Fachperson mit entsprechendem Grundlagenwissen durchgeführt werden.

Betreiber von Altholzaufbereitungsplätzen, welche die aufbereiteten Holzschnitzel der stofflichen Verwertung oder in Altholzverbrennungsanlagen ohne weitergehende Rauchgasreinigungsstufen zuführen möchten, sind somit kaum in der Lage, die Fraktion „Balken aus Dachkonstruktionen“ zu triagieren. Nachfolgend werden möglichen Massnahmen aufgeführt und diskutiert, um bei Bedarf trotzdem eine einigermaßen praktikable Lösung für die Branche vorzuschlagen.

---

<sup>1</sup> Die Fotos in den Abbildungen 3-6 stammen aus dem Bericht der TECHNOLOGICA GmbH (Dr. Rainier Schrägle), E-Mail vom 13. März 2012.



Abbildung 3: Foto der Probe Nr. 14. Tiefer PCP-Gehalten von < 0.2 mg/kg.



Abbildung 4: Foto der Probe Nr. 15. Tiefer PCP-Gehalten von < 0.2 mg/kg.



Abbildung 5: Foto Probe Nr. 20. Hoher PCP-Gehalt von 590 mg/kg.



Abbildung 6: Foto Probe Nr. 21. Hoher PCP-Gehalt von 760 mg/kg.

**Mögliche Massnahmen:**

## 1. Bestimmung der PCP-Belastung in Satteldächern vor einem Rückbau oder einer Sanierung.

Sollten bei grösseren Rückbauprojekten (Rückbau von Reiheneinfamilienhäusern) Gebäude mit Satteldächern zurückgebaut werden, könnte gefordert werden, dass im Rahmen des vorgängigen Gebäudechecks auch PCP im Dachgebälk bestimmt werden muss. Werden erhöhte PCP-Gehalte festgestellt, sind die Holzbalken in Altholz- bzw. Kehrichtverbrennungsanlagen, die mit den entsprechenden Rauchgasreinigungsstufen ausgerüstet sind, zuzuführen.

Vorteil dieser Massnahme: - Die Triagierung erfolgt schon auf der Baustelle.  
- Relativ einfach umsetzbar.  
- Von den Behörden über VeVA-Online überprüfbar.

Nachteil der Massnahme: - Bis jetzt gibt es keine rechtlichen Vorgaben, die eine PCP-Bestimmung vom Bauherr fordern. Dies müsste im Rahmen der TVA-Revision mit eingebracht werden.

## 2. Aussortieren der Balken mit anschliessender Beprobung und Analyse.

Die Betreiber von Altholzaufbereitungsplätzen könnten angehalten werden, sämtliche angelieferten Holzbalken auszusortieren. Diese müssen vor der Aufbereitung beprobt und analysiert werden. Die anschliessende Traigierung erfolgt in Abhängigkeit der Resultate der PCP-Analysen gemäss der Vollzugshilfe Holzabfälle des BAFU.

Vorteil dieser Massnahme: - Relativ einfach umsetzbar.

Nachteil der Massnahme: - Umsetzung dieser Massnahme kann von den Behörden kaum überprüft werden.

## 3. Annahme von Holzbalken bis zu einem maximalen Anteil von 25% der gesamten Anlieferung.

Die in der Tabelle 3 aufgeführten Szenarien zeigen, dass bei der angenommenen PCP-Belastung der PCP-Gehalt unter dem Richtwert von 3 mg/kg TS bleibt, wenn der Anteil an Holzbalken unter 30% liegt. Als Sicherheitsmarge könnte ein Anteil von 25% vorgeschrieben werden.

Vorteil dieser Massnahme: - Relativ einfach in der Umsetzung.

Nachteil der Massnahme: - Von den Behörden kaum überprüfbar.  
- Werden sehr viele PCP-belastete Balken auf einmal angeliefert (z.B. aus einem Rückbauprojekt), dann wird der PCP-Gehalt in den Altholzschnitzeln zu hoch sein.

#### 4. Betreiber von Altholzaufbereitungsplätzen müssen eine „PCP-Analyse“ verlangen.

Eine Kombination der Massnahmen 1 und 2 könnte sein, dass von den Betreibern von Altholzaufbereitungsplätzen, die mit den Altholzschnitzeln in die stoffliche oder thermische Verwertung (Verbrennungsanlage ohne weitergehende Rauchgasreinigungsstufen) gehen, verlangt wird, dass diese Holzbalken nur annehmen dürfen, wenn vorgängig eine entsprechende Analyse durchgeführt wurde, die belegt, dass die anzuliefernden Holzbalken den Richtwert von 3 bzw. 5 mg/kg TS für PCP unterschreiten.

Vorteil dieser Massnahme: - Die Triagierung erfolgt schon auf der Baustelle.  
- Relativ einfach und schnell umsetzbar.

Nachteil der Massnahme: - Ein Nachteil entsteht hier vermutlich für die Betreiber, welche Verwertungswege einschlagen, bei denen die obenstehenden Richtwerte eingehalten werden müssen. Entsorger werden vermutlich eher Altholz- oder Kehrichtverbrennungsanlagen anfahren, die über die entsprechenden Rauchgasreinigungsstufen verfügen und deshalb keinen Nachweis benötigen.

Zusammenfassend können aus der Studie die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die stichprobenartige Untersuchung hat gezeigt, dass in rund 10% der betrachteten Gebäude erhebliche PCP-Belastungen in den Holzkonstruktionen der Satteldächer vorliegen können.
- Um diese Aussage noch stärker zu stützen, müssten in den kommenden Jahren weitere Analysen durchgeführt werden.
- Eine Triagierung der Holzbalken aus Satteldächern ist aufgrund einer visuellen Kontrolle in Bezug auf den Schadstoff PCP nicht möglich. Der Nachweis, dass keine PCP-Belastungen vorliegen, kann nur über Probenahmen und Analysen erfolgen.
- Sollten Massnahmen eingeleitet werden, dann müssten die besagten Probenahmen vor den Rückbau- oder Sanierungsvorhaben im Rahmen eines Gebäudechecks durchgeführt werden.

In der vorliegenden Studie ging es hauptsächlich darum, im Rahmen einer stichprobenartigen Untersuchung im Kanton Zürich zu überprüfen, in welchem Ausmass PCP-belastete Holzbauteile in Gebäuden mit Satteldächern und Baujahr zwischen 1950 – 1990 vorliegen. Wie gezeigt, ist bei immerhin rund 10% der in Frage kommenden Gebäude mit PCP-Belastungen zu rechnen. Der Schwerpunkt lag hier im Bereich der Entsorgung von PCP-belastetem Holzwerk. Grundsätzlich besteht hier ein gewisses Verbesserungspotenzial im Umgang mit PCP-belastetem Altholz. In der Studie wird nur am Rande auf die gesundheitsgefährdenden Aspekte eingegangen. Allerdings empfiehlt es sich, auch diese Aspekte in eine Beurteilung mit einzubeziehen. So kann beispielsweise bei einer Sanierung eines Dachstocks durch das Abschleifen der obersten Holzschicht massiv PCP-haltiger Schleifstaub freigesetzt werden, welcher einerseits die Arbeiter gefährdet und andererseits zu massiven Sekundärkontaminationen führt, die wiederum die gesamte Situation in Bezug auf die PCP-Belastung der Bewohner in diesem Gebäude nachhaltig

verschärfen kann. Aus diesem Grund müsste vor einem Rückbau, aber vor allem bei geplanten Sanierungen, im Rahmen von Gebäudechecks zusätzlich das PCP vorgängig erfasst werden.

## 5 Literatur

Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2008: *Umweltwissen, Pentachlorphenol (PCP)*. Bayrisches Landesamt für Umwelt, 86179 Augsburg.

Biomess Ingenieurbüro 2012: [http://www.biomess.de/pcp\\_und\\_lindan.html](http://www.biomess.de/pcp_und_lindan.html)

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2007: *Vollzugshilfe Holzabfälle: Betrieb von Anlagen für die Zwischenlagerung, Zerkleinerung, Verwertung und Verbrennung von Holzabfällen*. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Schräggle R. 2011: *Mündliche Mitteilung zu den Untersuchungen und Erfahrungen von Dr. Rainer Schräggle im Bereich der Bestimmung von PCP in Altholzfraktionen*, Leonberg.

## Anhang

## A.1 Beschreibung der Proben und Analyseresultate

Probennummer	Probenahme- datum	Probenahmeort	Firma/Objekt	Materialprobe	Probenfarbe	Rückstellprobe ERM Gmbh	Analyseresultat in mg/kg OS	Auftraggeber
Nr. 1	17.03.2011	Rautistrasse 22, Gebäude Papierlager	Bosshard AG	Dachbalken	Oberfläche schwarz	ja	<0,20	AWEL
Nr. 2	17.03.2011	Rautistrasse 22, Gebäude Papierpresse	Bosshard AG	Dachbalken	Oberfläche schwarz	ja	<0,20	AWEL
Nr. 3	17.03.2011	Rautistrasse 22, Gebäude Lager hinten	Bosshard AG	Dachbalken	Oberfläche braun- schwarz	ja	<0,20	AWEL
Nr. 4	17.03.2011	Untere Geerenstr. 55, Dachstock Scheune	in Dübendorf	Dachbalken	Oberfläche braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 5	17.03.2011	Scheune ohne Wände	Bauunternehmung Honegger	vertikaler Balken	Oberfläche dunkelgrau- braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 6	17.03.2011	Kempttalstrasse 135	Bauernhaus (wird abgebrochen)	Bretter Aussenwand	Oberfläche schwarz	ja	<0,20	AWEL
Nr. 7	17.03.2011	Kempttalstrasse 136	Bauernhaus (wird abgebrochen)	"unbehandelter" Dachbalken	Oberfläche hellbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 8	27.09.2010	Furttalstrasse 63	BG Waidmatt EFH	Dachbalken	Oberfläche hellbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 9	27.09.2010	Bächlerstrasse 19	BG Waidmatt EFH	Dachbalken	Oberfläche hellbraun	ja	0,30	AWEL
Nr. 10	05.11.2010	Jakob Füglistrasse 4	Einfamilienhaus	Dachbalken	Oberfläche dunkelgrau- braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 11		Bächlerweg 5	REFH	Dachbalken Mischproben	braun	ja	0,22	AWEL
Nr. 12		Furttalstrasse 31	REFH	Dachbalken Mischproben	braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 13	05.05.2011	Wehntalerstrasse 168/170	MFH	Dachbalken Mischproben	hellbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 14	05.05.2011	Wehntalerstrasse 176	MFH	Dachbalken Mischproben	braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 15	27.07.2011	Stampfenbachstr. 30	MFH	Boden Dachboden	dunkelbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 16	27.07.2011	Stampfenbachstr. 30	MFH	Dachbalken Mischproben	dunkelbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 17	13.10.2011	Poststrasse 4, Rheinau	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	dunkelbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 18	13.10.2011	Austrasse 10, Rheinau	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	hellbraun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 19	13.10.2011	Ochsengasse 9, Rheinau	MFH; Riegelhaus	Mischprobe Dachkonstruktion	dunkelbraun	ja	0,55	AWEL
Nr. 20	13.10.2011	Sunnegstrasse 2 Rheinau	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	hellbraun	ja	590	AWEL
Nr. 21	13.10.2011	Sandackerstrasse 6, Rheinau	REFH	Mischprobe Dachkonstruktion	sehr alte Balken, wurmstichig	ja	760	AWEL
Nr. 22	13.10.2011	Poststrasse 51, Rheinau	MFH (Nr. 47, 49, 51 sind gleich)	Mischprobe Dachkonstruktion		ja	37	AWEL
Nr. 23	13.10.2011	Poststrasse 55, Rheinau	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	dunkelbraun	ja	0,27	AWEL
Nr. 24	13.10.2011	Poststrasse 61, Rheinau	Anbau neuerer Teil	Mischprobe Dachkonstruktion	hellbraun	ja	0,93	AWEL
Nr. 25	13.10.2011	Poststrasse 61, Rheinau	Alter Teil	Mischprobe Dachkonstruktion	schwarz	ja	<0,20	AWEL
Nr. 26	21.11.2011	Uetlibergstrasse 109	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 27	22.11.2011	Zürichbergstrasse 24	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	braun	ja	<0,20	AWEL
Nr. 28	24.11.2011	Spitalstrasse 13, Bülach	DLG (Bezirksgericht)	Mischprobe Dachkonstruktion	braun	ja	4,7	AWEL
Nr. 29	24.11.2011	Spitalstrasse 15, Bülach	MFH	Mischprobe Dachkonstruktion	hellbraun	ja	250	AWEL
Nr. 30	24.11.2011	Spitalstrasse 9, Bülach	EFH	Mischprobe Dachkonstruktion	hellbraun	ja	0,89	AWEL