

## Stellungnahme zur Deposition von Dioxinen und polychlorierten Biphenylen (PCB) in der Umgebung des Stahlwerks in Gerlafingen

Peter Schmid und Markus Zennegg

### Masseinheiten

1 fg (Femtogramm) =  $10^{-15}$  g (1 Billiardstelgramm)

1 pg (Picogramm) =  $10^{-12}$  g (1 Billionstelgramm)

1 ng (Nanogramm) =  $10^{-9}$  g (1 Milliardstelgramm)

Die Masseinheiten I-TEQ (internationale Toxizitätsäquivalente) und WHO-TEQ (WHO-Toxizitätsäquivalente) werden für die wirkungsbezogene Konzentrationsangabe von Dioxinen und PCB verwendet. Sie entsprechen den Summen der mit der toxischen Wirksamkeit gewichteten Konzentrationen der verschiedenen Dioxine und PCB. I-TEQ beziehen sich nur auf die Dioxine, WHO-TEQ schliessen auch PCB ein. Die beiden Masssysteme basieren auf leicht abweichenden Gewichtungen der Toxizität. Die geringfügigen Unterschiede sind für die folgenden Betrachtungen aber nicht ausschlaggebend.

### Luftbelastung und atmosphärische Deposition

Atmosphärische Deposition – nass und trocken – von Dioxinen und PCB erfolgt vorwiegend über luftgetragene Staubpartikel, an welche diese Stoffe angelagert sind. Die übrigen Depositionsformen (gasförmig oder gelöst in Regenwasser und Schnee) spielen bei diesen beiden Stoffgruppen wegen ihrer geringen Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit eine untergeordnete Rolle. Damit ist die Deposition auch ein Mass für die Konzentration in der Luft. Sie hängt zwar von der Luftkonzentration (z.B. als Menge pro  $m^3$ ) ab, kann jedoch nicht direkt abgeleitet werden, da sie als Flächenbelastung angegeben wird (z.B. als Menge pro  $m^2$  und Tag).

Da sowohl Dioxine als auch PCB in der Umwelt in äusserst geringen Konzentrationen vorkommen, müssen entsprechend empfindliche Messmethoden angewendet werden. Bei der Messung der atmosphärischen Deposition wird über einen längeren Zeitraum, typischerweise 1 Monat, der atmosphärische Niederschlag in Glasgefässen gesammelt und darin Dioxine und PCB bestimmt. Die Sammlung von Luftproben zur Konzentrationsbestimmung im darin enthaltenen Staub erfolgt mit sogenannten High-Volume-Probensammlern. Dabei wird über einen Tag ein grosses Luftvolumen in der Grössenordnung von mehreren hundert  $m^3$  durch ein Filter gesaugt. Im zurückgehaltenen Staub können anschliessend Dioxine und PCB gemessen werden.

Vor- und Nachteile der beiden Methoden sind offensichtlich:

- *Depositionsmessungen* eignen sich zur Erfassung der Bodenbelastung über einen längeren Zeitraum; sie sind wenig empfindlich auf kurzzeitige Extremwerte. Nachteilig ist, dass sie nur indirekte Information über die Luftkonzentrationen liefern.
- *Konzentrationsmessungen* eignen sich zur Erfassung von kurzzeitigen Belastungssituationen. Die Luftkonzentrationen können direkt in eine Beurteilung der inhalatorischen Belastung einfließen.

### Bodenbelastung

Dioxingehalte in Boden widerspiegeln die kumulierte atmosphärische Deposition über Zeiträume von mehreren Jahren bis Jahrzehnten.

## Belastung des Menschen

Die allgemeine, nicht spezifisch exponierte Bevölkerung nimmt Dioxine und PCB vorwiegend über tierische Lebensmittel auf (Milchprodukte, Eier, Fisch und Fleisch), pro Tag in der Schweiz im Mittel 2 pg WHO-TEQ/kg Körpergewicht. Für eine erwachsene Person von 60 kg entspricht dies einer täglichen Aufnahme von 120 pg WHO-TEQ. Davon entfallen 70 % auf PCB, der Rest auf Dioxine. Die Aufnahme aus anderen Lebensmitteln sowie über Wasser fällt nicht ins Gewicht, ebenso die Aufnahme über die Atemluft und durch die Haut. Da Dioxine und PCB nur sehr langsam ausgeschieden werden und fettlöslich sind, werden sie im Körperfett gespeichert und angereichert.

## Mögliche Zusatzbelastung durch hohe Luftkonzentrationen

Erhöhte Luftkonzentrationen von Dioxinen und PCB können auf mehrere Weise zu einer Zusatzbelastung für die Bevölkerung in unmittelbarer Nachbarschaft einer Quelle führen:

- a) Direkte inhalative Aufnahme über belastete Atemluft
- b) Aufnahme über die Haut von Staub und kontaminiertem Boden und den Magen-Darmtrakt z.B. auf belasteten Kinderspielflächen
- c) Indirekte Aufnahme überdurchschnittlich belastete lokal produzierte Lebensmittel (z.B. Milchprodukte und pflanzliche Produkte)

Das Ausmass dieser Zusatzbelastung schätzen wir auf der Basis der vorliegenden Messdaten sowie der zu diesem Thema vorliegenden Literatur folgendermassen ein:

- a) *Luftbelastung und atmosphärische Deposition*: Von 1997 bis 2002 wurden in der Umgebung des Stahlwerks Luftkonzentrationen von Dioxinen gemessen mit maximalen Werten zu Beginn dieser Beobachtungsperiode von 100 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> und einem Jahresmittelwert von 50 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup>, welcher bis 2002 auf 14.3 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> zurückging. Da keine aktuellen Luftkonzentrationswerte vorliegen, kann die inhalatorische Belastung nicht direkt beziffert werden. Die aktuell gemessene atmosphärische Deposition von 25 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup> Tag ist typisch für städtisches Gebiet (8 – 40 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup> Tag) und gegenüber den für ländliche Umgebung charakteristischen Werten (6 – 12 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup> Tag) leicht erhöht. Daraus kann eine Luftkonzentration von 30 – 50 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> abgeschätzt werden. Bei einem täglichen Atemvolumen von 20 m<sup>3</sup> und vollständiger Aufnahme der im eingeatmeten Staub enthaltenen Dioxine und PCB würde eine maximale zusätzliche Aufnahme von 0.6 – 1 pg WHO-TEQ resultieren. Dies ist weniger als 1 % der oben genannten Grundbelastung über Nahrungsmittel (120 pg WHO-TEQ/Tag).
- b) *Bodenbelastung*: In der Umgebung des Stahlwerks liegen die meisten Werte bei 1 bis 2 ng I-TEQ/kg Trockensubstanz (TS); der höchste Messwert liegt bei 24.1 ng I-TEQ/kg TS. In einer gesamtschweizerischen Untersuchung von Dioxinen und PCB in Böden wurden Werte im Bereich von 1.1 to 11 ng I-TEQ/kg TS gemessen (Schmid et al., 2005). Im Vergleich dazu sind die meisten Messwerte in der Umgebung des Stahlwerks unauffällig; einige wenige liegen deutlich aber nicht massiv über den im Mittelland typischen Werten. In ähnlich gelagerten, in der Fachliteratur beschriebenen Fällen mit um mehrere Grössenordnungen höheren Bodenkonzentrationen (bis 100'000 ng I-TEQ/kg TS) konnte bei Kindern und weiteren besonders betroffenen Personen keine signifikante Erhöhung der Dioxingehalte im Blutfett beobachtet werden. Damit dürfte über diesen Aufnahmepfad auch in der vorliegenden Expositionssituation keine wesentliche Zusatzbelastung erfolgen.
- c) *Weitere Belastungspfade*: Ähnliches gilt für lokal produzierte Lebensmittel: Die Belastung von Kuhmilch aus der Region (Luterbach) wurde erstmals im Jahr 1990 bestimmt und lag damals bei 2.3 pg I-TEQ/g Milchfett (Schmid und Schlatter, 1992). Dieser Wert ist im Vergleich zur damaligen wie auch zur heutigen gesamtschweizerischen Situation als eindeutig erhöht einzuordnen. Damals lag der schweizerische Durchschnittsgehalt bei 1.3 pg I-TEQ/g Milchfett, heute liegen die Gehalte bei 0.5 I-TEQ/g Milchfett. Eine

im Jahr 2001 durchgeführte Folgeuntersuchung ergab für den Standort Luterbach einen ausgesprochen tiefen Gehalt von 0.34 I-TEQ/g Milchfett (Schmid et al., 2003). Es liegen also keine Hinweise auf überdurchschnittlich belastete lokal produzierte Lebensmittel vor.

Trotz teilweise unsicherer Datenlage dürfte die Bevölkerung in der Nachbarschaft des Stahlwerks keiner messbaren Zusatzbelastung ausgesetzt sein. Eine erhöhte Belastung der Bevölkerung könnte durch Blut- und Muttermilchuntersuchungen abgeklärt werden. Aus unserer Sicht ist eine solche Kampagne aber nicht angezeigt, da selbst bei Immissionsituationen mit sehr viel höherer Umweltbelastung kaum höhere individuelle Belastungen nachgewiesen wurden.

Grundlagen zur Einschätzung der konkreten Belastung der Bevölkerung könnten wohl am ehesten durch Messungen von Luftkonzentrationen sowie allenfalls durch Kuhmilchuntersuchungen gewonnen werden.

### **Regionale Belastungssituation**

Allgemein ist anzumerken, dass das Stahlwerk lokal wohl der dominierende, regional aber nicht der alleinige Emittent von Dioxinen und PCB ist. In der dicht besiedelten Region dürften weitere Quellen wie Autoverkehr, Holzverbrennung, Hausfeuerungen, Kehrlichtverbrennung sowie andere auf thermischen Prozessen beruhende industrielle Verfahren zur Belastung durch Dioxine und PCB beitragen.

### **Literatur**

Schmid, P., Gujer, E., Zennegg, M., Bucheli, T.D., Desaulles, A., 2005. Correlation of PCDD/F and PCB concentrations in soil samples from the Swiss soil monitoring network (NABO) to specific parameters of the observation sites. *Chemosphere* 58, 227-234.

Schmid, P., Gujer, E., Zennegg, M., Studer, C., 2003. Temporal and local trends of PCDD/F levels in cow's milk in Switzerland. *Chemosphere* 53, 129-136.

Schmid, P., Schlatter, C., 1992. Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) in cow's milk from Switzerland. *Chemosphere* 24, 1013-1030.

Dübendorf, 22. April 2009