

Bericht der Fa. Porst & Partner zum Quecksilberschadensfall in der Grund- und Hauptschule Schnieglinger Straße

1 Veranlassung, Schadenshergang

Am 24. Juli 1997 wurde die Schulleitung der Grund- und Hauptschule an der Schnieglinger Straße auf Quecksilberansammlungen im Klassenzimmer 3.12 im 3. Obergeschoß des Altbaus sowie an zwei Stellen auf dem Pausenhof Neubau aufmerksam gemacht. Erste Schülerbefragungen ergaben, daß das Quecksilber im Pausenhof in leere Tintenpatronen aufgenommen und in das Klassenzimmer 3.12, vereinzelt auch in Schülerwohnungen eingebracht worden war.

Nach Einschalten der zuständigen Behörden erfolgten erste Maßnahmen zur Beseitigung der Quecksilberverunreinigungen, die kontaminierten Bereiche auf dem Pausenhof wurden weiträumig abgesperrt.

Noch am Abend des 24. 07.1997 von der PORST & PARTNER GmbH mit einem Quecksilbermonitor (Seefelder Meßtechnik, Typ MAK 2000, Nachweisgrenze $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durchgeführte orientierende Raumluftuntersuchungen im Schulgebäude, deuteten darauf hin, daß relevante Mengen metallischen Quecksilbers vom Schadensherd auf dem Schulhof in das Schulgebäude eingetragen worden waren. Weiterhin legten Messungen nahe, daß durch indirekte Schadstoffeinschleppungen, über das Schuhwerk sowie über Staubverfrachtungen bereits das gesamte Gebäude incl. sämtlicher Zugänge und Treppenhäuser meßbar mit Quecksilber verunreinigt war.

Sowohl metallisches als auch Quecksilber, welches adsorptiv in mikroskopischer Form an Staub, gebunden ist, führten nach diesen ersten Untersuchungen in unbelüfteten Klassenzimmern zu Quecksilberaumluftgehalten, die mit 2 bis $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich über dem WHO-Richtwert für Wohnraumnutzung von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lagen. Im Klassenzimmer 3.12, in welchem Quecksilberkügelchen auf vereinzelt Tischen erkennbar waren, wurde eine Hg-Belastung von 20 bis $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Bei diesen Belastungen kann im Falle einer längeren Exposition eine gesundheitliche Gefährdung gerade für Kinder nicht mehr ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund wurde ein Krisenstab eingerichtet und die Schule mit sofortiger Wirkung bis auf weiteres geschlossen.

Die Herkunft der nicht unerheblichen Quecksilbermenge, die ursprünglich in dem Pausenhof eingebracht worden ist - die Gesamtmenge des flüssigen Metalls wird auf 80 bis 150 ml entsprechend ein bis zwei Kilogramm geschätzt - bleibt unbekannt. Nach Ermittlungen der Polizei sowie Schadensprotokollen der örtlichen Feuerwehr, kann nicht ausgeschlossen werden, daß der Schadensfall an der Grund- und Hauptschule an der Schnieglinger Straße (GHS) mit einem weitaus größeren Quecksilberfund in der Schoppershofstraße in Zusammenhang steht. Hier waren 3 Tage vor Bekanntwerden des Schulschadens schätzungsweise 10 Kilogramm Quecksilber auf einem Gehsteig sichergestellt worden.

Vorliegendes Gutachten beschreibt die Vorgehensweise bei der Untersuchung sowie der Beseitigung der Quecksilberverunreinigungen in der Schule und den betroffenen Schülerwohnungen. Mit der Koordinierung und Durchführung der Sanierung wurde die PORST & PARTNER GmbH, LABOR für UMWELTANALYTIK und WARENPRÜFUNG, beauftragt, die im Rahmen der Fürther Quecksilber Spiegelproblematik und der Sanierung der chem. Fabrik Marktredwitz über umfangreiche Erfahrungen bei der Bearbeitung von Quecksilberschadensfällen verfügt.

Die notwendigen Arbeiten wurden unmittelbar nach dem vorgezogenen Schulschluß am 25. Juli begonnen. Die Sanierung der GHS und einer Schülerwohnung konnten Ende August mit Raumluftmessungen zur Dokumentation des Sanierungsergebnisses abgeschlossen werden.

2 Schadstoffinfo Quecksilber

2.1 Physikalisch, chemische Eigenschaften, Verwendung

Das silbrigglänzende Metall, 13,6 mal schwerer als Wasser, liegt ab -39 °C in einem flüssigen Aggregatzustand vor und dehnt sich bei Wärme stark aus. Quecksilber (Hg) ist aufgrund seines relativ hohen Dampfdruckes bereits bei Raumtemperatur flüchtig und bildet insbesondere in geschlossenen Räumen giftige Dämpfe.

Aufgrund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften findet Hg u.a. Verwendung in Thermometern, Manometern, Batterien, Schaltern und Leuchtstofflampen. Der Jahresverbrauch in Deutschland liegt derzeit bei ca. 250 t. Aus Gründen des Arbeits- und Umweltschutzes ist nach der Gefahrstoffverordnung das Inverkehrbringen und Verwenden von Quecksilberverbindungen in Antifoulingfarben, Holzschutzmitteln und bei der Textilimprägnierung verboten. Durch mikrobielle Stoffwechselprozesse entstehen bei der Umsetzung anorganischer Quecksilberverbindungen, insbesondere in wäßrigen Medien, hochtoxische Organo-Quecksilberverbindungen (z.B. Methylquecksilber), die sich in der Nahrungskette anreichern.

2.2 Toxikologie, Gefährdungspotential von metallischem Quecksilber

Gasförmiges metallisches Quecksilber wird über die Lunge zu 80 % aufgenommen, im Körper kurzzeitig zu Quecksilbersalzen umgewandelt und vorwiegend im Gehirn, Nervensystem und in den Nieren abgelagert.

Bei hohen Konzentrationen im Körper kommt es zu akuten Schäden mit Reizhusten, Schädigung der Lungenbläschen, Übelkeit und Benommenheit. Liegt die Luftbelastung über $100\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ und erfolgt längerfristige Aufnahme des Quecksilbers, resultieren Schädigungen des Gehirns und Nervensystems. Die Folge sind Zittern, Reizbarkeit, Wesensveränderungen sowie Lähmung von Nerven oder der Niere bei vermehrter Eiweißausscheidung. Raumluftbelastungen unter $100\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ können mitunter uncharakteristische Beschwerden wie Müdigkeit, Abgeschlagenheit, Kopfschmerzen und Schlafstörungen verursachen.

Es ist möglich, sich einen Überblick über die Belastung im Einzelfall durch Messung des Quecksilberspiegels im Blut und Urin zu verschaffen, um für den einzelnen Menschen abzuschätzen, ob er mit Schäden rechnen muß und ob und ggf. unter welchen Bedingungen er überhaupt weiter in einem belasteten Raum leben kann. Ob und welche Schäden auftreten, hängt im wesentlichen von der Höhe der Quecksilberkonzentration und der Dauer des Aufenthaltes in belasteten Räumen ab. Individuelle Faktoren und die besondere Empfindlichkeit von Kindern und ungeborenem Leben spielen ebenfalls eine Rolle.

Untersuchungen, die im Rahmen der Fürther Quecksilberspiegelproblematik vom Fürther Gesundheitsamt durchgeführt worden sind ¹⁾, haben gezeigt, daß von der Raumluftbelastung alleine nicht mit ausreichender Sicherheit auf die Körperbelastung mit Quecksilber geschlossen werden kann. Bei Raumluftwerten unter $4\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ zeigte sich keine Erhöhung der Quecksilbergehalte im Blut oder Urin über Normwerte hinaus. In Übereinstimmung mit der wissenschaftlichen Literatur wurde in Fürth $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ Quecksilber in der Raumluft als der Wert angenommen, der, bei einer dauernden Nutzung als Wohnraum, nicht überschritten werden darf. Bei Einhaltung dieses Wertes können Gesundheitsstörungen durch über die Lunge aufgenommenes Quecksilber ausgeschlossen werden.

¹⁾ Quelle: Modellstudie zur Sanierung quecksilberkontaminierter Gebäude in der Stadt Fürth, Schlußbericht;

2.3 Hintergrundbelastung, Sanierungsrichtwerte

Hintergrundbelastung ¹⁾

Der Mittelwert der Quecksilberimmissionen im Bereich der Fürther Altstadt, die im Rahmen einer Untersuchung des Landesamtes für Umweltschutz, München, an 30 Meßpunkten erhoben worden ist, liegt bei $0,012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und somit im Bereich einer in Deutschland üblichen innerstädtischen Grundbelastung.

Sanierungsrichtwerte

Für das Schutzgut "menschliche Gesundheit" richten sich die Sanierungsprioritäten nach dem potentiellen Quecksilbereintrag in die Raumluft, so daß letztendlich die unter normalen Wohnraumverhältnissen gegebene Raumluftbelastung über eine Sanierungsnotwendigkeit entscheidet. Der Eintrag von Quecksilber in die Raumluft erfolgt in erster Linie durch Verdampfen von elementarem Quecksilber und durch an Staubaerosole adsorbiertes Quecksilber. Die jeweilige Raumluftkonzentration ist stark abhängig von der vorherrschenden Raumtemperatur, der Luftfeuchtigkeit und insbesondere den Lüftungsverhältnissen.

Der Grenzwert für Wohnraumnutzung der WHO (World Health Organization, 1989) liegt bei $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Hg im Jahresmittel. Hieraus leitet sich ein Sanierungsbedarf in allen Wohnbereichen, Kindergärten und Schulen ab, die unter normalen Nutzungsverhältnissen (normal belüftet, Raumtemperatur $15-22^\circ\text{C}$) im Mittel über $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ belastet sind.

Im Rahmen der Schadenserkundung waren neben der Ermittlung der Raumluftgehalte auch Kenntnisse über staubgebundene Quecksilberrestbelastungen von großer Bedeutung. Zum einen zur Abschätzung des Gefährdungspotentials bei oraler Staubaufnahme (am Boden spielende Kinder im Kinderhort), zum anderen zur Klärung der Frage, ob das Reinigungswasser, welches bei der anstehenden turnusmäßigen Unterhaltsreinigung anfällt, ohne Aufbereitung in die öffentliche Kanalisation abgeleitet werden kann. Diesbezügliche Richt- und Grenzwerte werden in Kapitel 3.2.2 in den Analysentabellen den ermittelten Schadstoffgehalten direkt gegenübergestellt (→ Tabelle 1 und 2)

3 Vorgehensweise bei der Untersuchung des Schadens sowie der Ermittlung des Sanierungsbedarfs

3.1 Phase I: Informationsbeschaffung, Abschätzung des Schadensumfangs, Projektierung und Festlegung des notwendigen Untersuchungsbedarfs

Entsprechend der Vorgaben des Bay. Altlastenleitfadens sowie allen bisherigen Erfahrungen bei ähnlich gelagerten Schadensfällen wurde in vorliegender Problematik ein stufenweises Vorgehen favorisiert. Im Rahmen einer ersten Erkundungsphase wurden zunächst alle verfügbaren Informationsquellen ausgewertet, um sich ein möglichst detailliertes Bild vom Schadenshergang und -ausmaß machen zu können.

Folgende Quellen wurden hierbei vom Gutachter ausgewertet:

- Aktennotiz Schulleitung über den Quecksilberfund sowie der eingeleiteten Maßnahmen vom 24.07.97

¹ Quelle: Modellstudie zur Sanierung quecksilberkontaminierter Gebäude in der Stadt Fürth, Schlußbericht; Arbeitsgemeinschaft „Quecksilbersanierung Fürth“, 1995

- Lichtbildtafel vom Quecksilberfund in der Schoppershofstraße 67 (Beweisaufnahme durch die Polizeiinspektion Nürnberg West)

Protokoll zur Befragung der Schulkinder der Klasse Ü5/6, die mit dem Quecksilber gespielt und es in das Klassenzimmer 3.12 sowie vereinzelt in ihre Wohnungen eingebracht hatten

Weiterhin wurden untenstehende Befragungen bzw. Recherchen vom Gutachter durchgeführt:

- Befragung der über den Umfang der ersten Maßnahmen im Schadensfall GHS und Schoppershofstraße, sowie über die Hausbegehungen bei den betroffenen Schülern.
- Befragungen über den Umfang der erfolgten Hg-Absaugmaßnahmen im Schadensfall GHS und Schoppershofstraße.
- Befragungen über den Umfang der Hg-Absaugmaßnahmen im Schadensfall Schoppershofstraße. Entsprechende Abfallgebände wurden zur Abschätzung der abgesaugten Hg-Gesamtmenge bei der Fa. Gebhardt eingesehen.
- Befragung des Direktors der GHS über den Schulbetrieb seit Auftreten des Hg auf dem Schulhof zur Abschätzung der erfolgten Kontaminationsverschleppungen.
- Befragung des Hausmeisters der GHS über die hauseigene Lüftungstechnik, über die Nutzung der verschiedenen Treppenhäuser sowie der Nutzung sämtlicher Räume des Schulgebäudes zur Abschätzung der erfolgten Kontaminationsverschleppungen. Weiterhin Befragung über schuleigene Maßnahmen zur Aufnahme von metallischem Hg auf dem Schulhof.
- Einsehen eines Abfallcontainers auf dem Pausenhof, in welchen metallisches Hg verbracht worden war.

Zusammengefaßt lassen die oben genannten Recherchen sowie die Befragungsergebnisse folgende Aussagen zu:

- Insgesamt haben potentiell über 800 Schulkinder über das Schuhwerk Hg-belastete Staub/Bodenpartikel aus dem Pausenhof in das gesamte Schulgebäude mit Ausnahme der Räume des Erdgeschosses „Neubau“ und einiger Räume mit Sondernutzungen (z.B. Krankenstation etc.) eingetragen.
- Insgesamt haben nach Zeugenaussagen 5 Schüler/innen metallisches Quecksilber mit nach Hause genommen.
- Raumluftechnische Einrichtungen, die zu einer weiteren Verschleppung von Hg über den Luftpfad geführt haben könnten (und somit zur Verfälschung von Analyseergebnissen führen), existieren nicht.
- Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß neben dem nachweislich betroffenen Klassenzimmer 3.12 auch in weitere Klassenzimmer metallisches Quecksilber zu „Spielzwecken“ durch Schüler eingebracht worden ist.
- Nach Bilanzieren der abgesaugten und anderweitig entfernten sowie der noch vorhandenen, sichtbaren Restmengen, wird die Gesamtmenge der eingebrachten Verunreinigungen im Schadensfall GHS auf 1 bis 2 Kilogramm, im Schadensfall Schoppershofstraße auf 8 bis 10 Kilogramm Quecksilber geschätzt.
- Nach Bekanntwerden des Schadens wurden im Schulgebäude in geringem Umfang routinemäßige Reinigungsarbeiten mit Besen und Wischmop etc. durchgeführt. Es muß davon ausgegangen werden, daß entsprechende Reinigungsgeräte ebenfalls relevant mit Quecksilber verunreinigt worden sind.

Daraus leitet sich folgender **Untersuchungsbedarf für Phase II** ab:

1. Orientierende Raumlufthuntersuchungen in sämtlichen Räumen des Schulgebäudes mit einem mobilen Quecksilbermonitor (Nachweisgrenze $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zur Lokalisierung bzw. zum Ausschluß weiterer potentieller Schadstoffherde unter besonderen Berücksichtigung von Kehrgerät etc. Die Messungen müssen unter Simulation ungünstigster Bedingungen (worst-case) erfolgen, d.h. in unbelüftetem Zustand bei einer Raumtemperatur von mindestens 20°C .
2. Absicherung der Befunde unter Punkt 1. durch meßtechnisch genauere Raumlufthuntersuchungen nach VDI-Richtlinie (Nachweisgrenze $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
3. Umfangreiche Staubuntersuchungen an Fußabstreifern sowie Untersuchung von Staubablagerungen in den Fluren über „Wischproben“. Hierdurch soll geklärt werden, ob die Bodenoberflächen konventionell gereinigt werden können, oder ob die in den Ferien anstehende Unterhaltsreinigung durch eine Spezialfirma durchgeführt werden muß.
4. Untersuchung von Kehrproben auf dem Pausenhof um festzustellen, ob relevante Quecksilberverunreinigungen über Boden/Staubpartikel oder gar metallisches Quecksilber in weitere Bereiche des Pausenhofs verschleppt oder eingebracht worden sind.
5. Detaillierte Raumlufthuntersuchungen in insgesamt 5 Schülerwohnungen.

3.2 Phase II: Erkundung des Schadensausmaßes durch detaillierte Untersuchungen, Projektierung und Festlegung des notwendigen Sanierungsbedarfs

3.2.1 Raumlufthuntersuchungen in 122 Räumen der Schule zum Ausschluß bzw. zur Identifikation weiterer Schadstoffherde

Am 29. und 30. Juli wurde im gesamten Schulgebäude ein **Quecksilbermonitoring** durchgeführt. Eingesetzt wurden hierbei parallel zwei mobile Hg-Monitore mit unterschiedlichen Meßprinzipien (HG-MAK-2000, Seefelder Meßtechnik und Jerome X-41) jeweils mit einer Nachweisgrenze von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Erhöhung der Verlässlichkeit der jeweils erhaltenen Messwertanzeigen. Alle 122 Räume waren zum Zeitpunkt der Untersuchung mindestens 24 Stunden unbelüftet. Aufgrund der relativ heißen, sommerlichen Witterung lagen durchwegs Raumtemperaturen über 20°C ($21\text{-}27^\circ\text{C}$) vor.

Parallel hierzu wurden zur Absicherung der Monitorbefunde in 28 ausgewählten Räumen **30 VDI-Messungen** nach dem KMnO_4 -Verfahren mit einer Nachweisgrenze von $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgeführt.

Untersuchungsergebnisse, Bewertung, weiterer Handlungsbedarf

Im Gegensatz zu der ersten stichpunktartigen Begehung am 24.07. (siehe Kapitel 1) wurden bis auf Raum 3.12 und wenige Ausnahmen, die durchwegs Putzräume mit kontaminiertem Reinigungsgerät betrafen, Negativbefunde festgestellt (Messwertanzeige in insgesamt 117 Räumen auf beiden Hg-Monitoren $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die feinstaubgetragenen Restbelastungen, die noch am abend des 24.07. aufgrund des vorherigen Schulbetriebs (Aufwirbelung von Staubaerosolen) im gesamten Schulgebäude gemessen werden konnten, ließen sich nicht mehr bestätigen. Sie waren in der Zwischenzeit „ausgelüftet“ worden oder hatten sich am Boden abgesetzt. In den oben erwähnten Putzräumen wurden bis zu maximal $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Putzraum zwischen N1.05 und N1.06) gemessen. Ursache hierfür waren durchwegs kontaminierte Kehrbesen bzw. Wischmops, welche mit bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgasten.

Die Monitorbefunde ließen sich durchwegs durch die meßtechnisch genaueren VDI-Messungen bestätigen. **Ermittelt wurden Quecksilberraumluftgehalte unterhalb der analytisch bedingten Nachweisgrenze von 0,2 µg/m³ bis maximal 0,96 µg/m³.**

Der durchschnittliche Quecksilbergehalt der insgesamt 30 Messungen beträgt 0,29 µg/m³. In zwei Räumen (3.07 und 3.05) wurden Doppelbestimmungen durchgeführt. Lediglich in 5 der 28 Räume konnten Hg-Verunreinigungen über 0,5 µg/m³ festgestellt werden (1.07, 3.07, 3.15, N1.01, N1.03), alle jedoch unterhalb des WHO-Richtwertes von 1 µg/m³.

Sämtliche Räume des Schulgebäudes mit Ausnahme von Raum 3.12 sowie der Mädchentoilette gegenüber wurden im Rahmen der turnusmäßigen Unterhaltsreinigung konventionell gereinigt. Weiterer Handlungsbedarf bestand nicht.

Das Hausmeisterehepaar wurde angewiesen sämtliche Besen und Wischmops der Schule über den Hausmüll zu entsorgen. Das Nürnberger Beschaffungsamt wurde von der Maßnahme in Kenntnis gesetzt

Tabelle 1
Analysenergebnisse Materialuntersuchungen

Probennr. (laborintern)	Probenherkunft, Probenzusammensetzung	Hg-Gehalt im Original (TS)	
Hg-851	Eingang N000/1, Staubprobe Fußabstreifer	5,7 mg/kg	
Hg-852	Eingang N000/8, Staubprobe Fußabstreifer	5,7 mg/kg	
Hg-853	Eingang 000/6, Staubprobe Fußabstreifer	5,1 mg/kg	
Hg-854	Eingang 0001/9, Staubprobe Fußabstreifer	0,91 mg/kg	
Hg-857	Eingang N000/1, Staubprobe Fußabstreifer	5,7 mg/kg	
Hg-858	Kinderhort, Staubprobe (abgesaugt)	4,5 mg/kg	
Hg-856	Pausenhof südlicher Bereich, Kehrgut	0,15 mg/kg	
Hg-861	Pausenhof zentraler Bereich, Kehrgut	0,22 mg/kg	
Hg-857	Pausenhof Bodensenke vor Altbau, Kehrgut	0,66 mg/kg	
Hg-864	Pausenhof, Sand in Ablaufrinne vor „Bereich 2“	37 mg/kg	
Hg-865	Sandfang Gully direkt vor „Schadensbereich 1“	3,6 mg/kg	
Hg-867/868	Pflanzinsel „Bereich 1“ Bodenabtrag	12 mg/kg	Eluat: 0,005 mg/l
Richtwert	Hintergrundbelastung Hausstaub ¹⁾	0,7 mg/kg	
Richtwert	Grundbelastung Boden, Stadtgebiet Nürnberg ²⁾	0,47 mg/kg	
Prüfwert	Noch tolerierbar für Kinderspielplätze ³⁾	4,0 mg/kg	

TS Trockensubstanz

¹⁾ Quelle: Modellstudie zur Sanierung quecksilberkontaminierter Gebäude in der Stadt Fürth, Schlußbericht; 1995

²⁾ Quelle: Daten zur Nürnberger Umwelt, 10/91;

³⁾ Quelle: Bay. Altlastenhandbuch (i.V.); Prüfwert nach U. Ewers und L. Viereck-Götte, Gelsenkirchen, 1994;

Tabelle 2
Analysenergebnisse Wischproben

Probennr. (laborintern)	Probenherkunft, Probenzusammensetzung	Hg im Wasser (ge- löst+ungelöst)	Abfiltrierbare Stoffe	Hg-Gehalt im Staub (er- rechnet)
Hg-859/862	Wischprobe Treppe Altbau EG- 1.OG	0,004 mg/l	542 mg TS/l	7,4 mg/kg TS
Hg-860/863	Wischprobe Neubau EG N/0003 + N000/2	0,002 mg/l	231 mg TS/l	8,7 mg/kg TS
Grenzwert	Maximalgehalt für Einleitung in öffentliche Ab- wasseranlage (Indirekteinleitung) ⁴⁾	0,050 mg/l	nicht begrenzt	/
Richtwert	Hintergrundbelastung Hausstaub ¹⁾	/	/	0,7 mg/kg TS

TS Trockensubstanz

¹⁾ Quelle: Modellstudie zur Sanierung quecksilberkontaminierter Gebäude in der Stadt Fürth, Schlußbericht; 1995

⁴⁾ Quelle: Abwassertechnische Vereinigung (ATV), Indirekteinleitungsverordnung;

3.2.2 Untersuchung der Treppenhäuser, Flure sowie des Pausenhofes auf potentielle staubgebundene Restbelastungen

Im Rahmen der Schadenserkundung waren neben der Ermittlung der Raumluftgehalte auch Kenntnisse über staubgebundene Quecksilberrestbelastungen von großer Bedeutung. Zum einen zur Abschätzung des Gefährdungspotentials bei oraler Staub- bzw. Bodenpartikel Aufnahme durch am Boden spielende Kinder im Kinderhort bzw. im Pausenhof, zum anderen zur Klärung der Frage, ob das Reinigungswasser, welches bei der anstehenden turnusmäßigen Unterhaltsreinigung anfällt, ohne Aufbereitung in die öffentliche Kanalisation abgeleitet werden kann.

Hierzu wurden aus sämtlichen Fußabstreifern Mischproben entnommen und auf Quecksilber analysiert. Weiterhin wurden Kehrproben im Pausenhof entnommen sowie Entwässerungsrinnen etc. beprobt. Aus der zentralen Pflanzinsel im „Schadensbereich 1“, wurde eine oberflächige Bodenmischprobe untersucht (→ Tabelle 1).

Zur Abschätzung der zu erwartenden Quecksilbergehalte im Waschwasser bei einer konventionellen Naßreinigung der Flure und Treppenhäuser wurden zwei Wischproben gewonnen (→ Tabelle 2). Hierzu wurden jeweils 10 qm Bodenfläche mit 2 Litern Leitungswasser und einem handelsüblichen Putzlappen gereinigt.

Nach Vergleich der ermittelten Schadstoffgehalte mit derzeit maßgeblichen- Richt und Grenzwerten lassen sich die Untersuchungsergebnisse folgendermaßen bewerten:

- Bei allen untersuchten **Staubproben** konnten Quecksilberbelastungen festgestellt werden, die **deutlich über der normalen Hintergrundbelastung** von 0,7 mg/kg liegen. Mit einem durchschnittlichen Hg-Gehalt von 5,4 mg/kg wird auch der Prüfwert überschritten, der für Kinderspielplätze (**Gefährdung durch orale Aufnahme von Boden/Staubpartikeln**) noch toleriert werden kann (4 mg/kg).
- Die **Humusaufgabe der Pflanzinsel** im Schadenszentrum (Hg-Gehalt 12 mg/kg) muß oberflächlich abgetragen werden. Hierzu müssen die Pflanzen bis auf die zentrale Linde vorher entfernt werden.
- Sämtliche Staubfänger unterhalb der **Fußabstreifer** müssen gründlich, unter weitestgehender Vermeidung von Staubbildung (vorheriges Anfeuchten), gereinigt werden. Die Entsorgung kann über den Hausmüll (Grenzwert 50 mg/kg Hg). erfolgen.
- Sämtliche Böden, Flure und Treppenhäuser können konventionell naß gereinigt werden. Das **Waschwasser** kann problemlos ohne besondere Aufbereitung in die Kanalisation ab-

geleitet werden, da der entsprechende Einleitungsrichtwert nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen (→ Tabelle 2) deutlich unterschritten wird.

Im **Pausenhof** konnten mit Ausnahme der Sanierungsbereiche keine nennenswerten oberflächlichen Hg-Verunreinigungen mehr festgestellt werden (→ Tabelle 1, Kehrgutproben). Lediglich eine Ablaufrinne für Oberflächenwasser vor Bereich 2 (37 mg/kg) sowie der Sandfang eines Gullys vor Bereich 1 (3,6 mg/kg) wiesen reinigungsrelevante Quecksilberverunreinigungen auf. Das Leistungsverzeichnis für die einmal im Jahr, während der Sommerferien durchzuführende **Unterhaltsreinigung der Schule** wurde vom Gutachter angefordert und überprüft. Die hierin vorgesehenen Maßnahmen waren ausreichend, um die noch vorhandenen staubgebundenen Quecksilberrestbelastungen im Schulgebäude weitestgehend zu entfernen.

Zusätzliche Reinigungsanforderungen betrafen lediglich das Abrücken von schwerem Mobiliar zur gründlichen Staubentfernung hinter diversen Schränken etc. sowie das Einbeziehen der Hausmeisterwohnung in sämtliche Leistungen. Das Beschaffungsamt wurde hierüber informiert. Entsprechende Mehraufwendungen wurden vom Gutachter abgeschätzt

Im **Kinderhort** war vor Wiedernutzung eine Naßreinigung des Nadelfilzteppichs notwendig. Da diese Leistung nicht im LV zur regulären Unterhaltsreinigung der Schule enthalten ist, wurde das Jugendamt hiervon in Kenntnis. Diesbezügliche Reinigungsarbeiten wurden vom Hausmeister der Schule vorgenommen.

3.2.3 Detailuntersuchungen im Klassenzimmer 3.12 und in der gegenüberliegenden Mädchentoilette

Raum 3.12 war vor Sanierungsbeginn mit $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Hg belastet (→ Seite 1). Auf mehreren Schülertischen sowie auf dem Lehrerpult waren Quecksilberkügelchen zu erkennen. Der Stifthalter der Lehrerin war ebenfalls stark belastet. Weiterhin konnten bei der Untersuchung der sichergestellten Schultaschen der Klasse Ü5/6 in insgesamt 4 Taschen massive Quecksilberverunreinigungen festgestellt werden. Die Taschen samt Inhalt sowie sämtliches Inventar des Klassenzimmers 3.12, welches durch intensives „Auslüften“ nicht mehr gereinigt werden konnte, mußten als Sondermüll entsorgt werden. Ein Schadensprotokoll ist in Anlage 4 beigefügt.

Außer in Raum 3.12 war lediglich im Siphon eines WC's in der **Mädchentoilette des 3. OG** eine größere Quecksilberansammlung unter Wasser zu erkennen. Die beträchtliche Quecksilbermenge (→ Abb.1, Titelseite) wurde vermutlich in einem Kunststoffbehälter (eigentlich gedacht für Pausenbrot) transportiert, der - stark verunreinigt - neben dem WC von der Schülerin „vergessen“ wurde.

3.2.4 Orientierende Untersuchungen in betroffenen Schülerwohnungen

Insgesamt haben nach Zeugenaussagen 5 Schüler/innen der Klasse Ü5/6 metallisches Quecksilber mit nach Hause genommen. In den Wohnungen dieser Familien wurden Anfang August umfangreiche Raumluftuntersuchungen mit einem Quecksilbermonitor vorgenommen. Die Ergebnisse wurden in 4 Wohnungen über VDI-Messungen abgesichert (→ Anlage 3, Seite 6).

Bei den Wohnungen der 5 Schüler/innen konnten zwar leicht erhöhte Hg-Gehalte festgestellt werden, die jedoch mit $0,43$ bis maximal $0,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den maßgeblichen WHO-Richtwert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht erreichen. Die erhöhten Gehalte werden auf Staubeinschleppungen zurückgeführt. Hinweise auf Verunreinigungen durch verschüttetes Quecksilber lagen nicht vor: Die Meßwertbefunde mit dem Hg-

Monitor waren in diesen Wohnungen durchwegs negativ, selbst eine Überprüfung der Staubsaugerabluft verlief hier ohne besondere Auffälligkeiten.

Lediglich in einer Wohnung ließen sich sanierungsrelevante Raumlufiverunreinigungen. Eine Schülerin der Ü5/6 hatte im Kinderzimmer, Wohnzimmer sowie im Schlafzimmer der Eltern mit Quecksilber gespielt. Hierbei wurden nach Aussage der Schülerin in allen drei Räumen geringe Mengen an Quecksilber verschüttet.

Trotz Bemühen der Eltern sowie der örtlichen Feuerwehr, die die Wohnung bereits am 24. Juli aufgesucht hatte, konnten die verschütteten Quecksilberkügelchen nicht vollständig aufgenommen werden. Während der Wohnungsbegehung am 3. August konnten noch Quecksilberreste auf dem Teppich im Schlafzimmer vorgefunden werden. Die Staubsaugerabluft wies Quecksilberemissionen bis zu $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Am Bettbezug, an der Bettdecke und im Bettkasten des Kinderbettes konnten Hg-Ausgasungen bis zu $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen werden. Bei einer am 7. August im Kinderzimmer durchgeführten VDI-Messung wurde bei normaler Lüftung ein Hg-Gehalt von $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ analysiert.

Nach Rücksprache mit den Fachbehörden sowie den Eltern wurde beschlossen die Wohnung während des Ferienaufenthaltes der Familie komplett zu reinigen (siehe Kapitel 4.3). Für die Kostenübernahme hat sich die Stadt Nürnberg bereiterklärt.

4 Vorgehensweise bei der Beseitigung der vorgefundenen Quecksilberverunreinigungen

Im folgenden werden die Arbeitsschritte zur Sanierung der kontaminierten Teilbereiche stichpunktartig wiedergegeben. Vorbereitende und begleitende Maßnahmen während der einzelnen Sanierungsschritte (z.B. Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen, Arbeitsschutz etc.) werden hierbei nicht erwähnt. Ebenso wird die Entsorgungsabwicklung (Vorbereitung von Entsorgungs- und Verwertungsnachweisen, Stellen von Entsorgungsgebinden, Koordination der Entsorgung) nicht berücksichtigt, da diesbezügliche Kosten direkt vom Auftraggeber übernommen worden sind. Die Sanierungsarbeiten im Schulgebäude sowie auf dem Pausenhof wurden durch das INGENIEURBÜRO DR. PEDALL GmbH koordiniert und ausgeführt.

4.1 Reinigung des Klassenzimmers 3.12 sowie der gegenüberliegenden Mädchentoilette

- Entfernen des gesamten Schulmaterials und beweglichen Inventars aus dem Klassenraum unter Beseitigung sichtbaren metallischen Quecksilbers und unter vollständiger Behandlung des Mobiliars mit immobilisierenden Lösungen. Ausschleusen von Material und Mobiliar, Untersuchen auf Restbelastungen mit einem Hg-Monitor. Sortieren des Inventars nach Belastungsintensität. Nachreinigung des Mobiliars bis zum Negativbefund.
- Absaugen von Boden, Wänden, Heizkörper, Wandtafel und Deckenlampen mit einer K1-Absaugeeinheit mit nachgeschalteter Aktivkohleeinheit.
- Flächiges Behandeln des Fußbodens zunächst mit Zinn- und/oder Schwefelblüte und nachfolgend Immobilisierungslösung mit jeweiliger Entfernung und Schlußreinigung.
- Ausbau von drei Siphonen an den Waschbecken der Mädchentoilette, dem Schulraum 3.12 sowie allen Klassenzimmern, die leicht erhöhte Hg-Befunde zwischen $0,5$ und $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Raumluf aufwiesen (Altbau: 3.07, 3.15, 1.07; Neubau: N1.01, N1.03) zur Untersuchung auf metallisches Quecksilber.
- Ausbau der Toilettensitze in der Mädchentoilette zur Entfernung von metallischem Quecksilber bzw. zur Untersuchung auf metallisches Quecksilber.

- Durchführung von Abschlußmessungen zur Dokumentation des Sanierungserfolgs.

4.2 Beseitigung von Quecksilberverunreinigungen im Pausenhof

Pausenhof Schadensbereich 1

Bildnachweis siehe Pressedokumentation Anlage 5: NN vom 2./3.8.

- Entfernen des sichtbaren metallischen Quecksilbers auf der Schwarzdecke sowie der Pflasterrinne, ein- oder mehrmaliges, flächendeckendes Auftragen von Zink- und/oder Schwefelpulver, Einkehren in Oberflächenhohlräume und nachfolgendem, vollständigem Absaugen mit dem K1-Absaugegerät.
- Reinigung des Schlammfanges in der Senke und Einlagerung des Schlammes in die Entsorgungsgebäude.
- Aufschneiden der Fugen in der Schwarzdecke und der Pflasterrinne, Entfernung des Schneidguts und Absaugen allen losen Materials und Einlagern in die Entsorgungsgebäude.
- Aufnehmen der einzeiligen Pflastersteinrinne. Gründliche Reinigung des Granitpflasters vor seitlicher Lagerung und Absaugen des Abtragshohlraums mit anschließender Immobilisierung.
- Abtrag und Zerkleinerung der Holzbalkeneinfassung der Pflanzinsel auf Stückgrößen entsprechend der Anforderungen der Sondermüllverbrennungsanlage Schwabach (0,6 m), Einlagern in Container, Entfernen von metallischem Quecksilber aus den Schwundrissen.
- Entfernung des Pflanzenaufwuchs in der Pflanzinsel, Abtrag von Rindenmulch und Oberboden unter Schonung des mittigen Lindenbaums, Einlagerung in Entsorgungscontainer.
- Wiederherstellen der Balkeneinfassung der Grüninsel.
- Liefern und Wiedereinbauen von Oberboden mit Rindenmulchabdeckung.
- Wiedereinbau der einzeiligen Pflasterrinne auf Verlegemörtel
- Vollständiges Verschließen ausgesägter Fugen in der Schwarzdecke mit bituminöser Dichtungsmasse.
- Aufbringen einer Porenversiegelung bzw. Beschichtung der Asphaltdecke einschließlich Abspritzen des Altbelags mit Haftkleber.

Pausenhof Schadensbereich 2

- Entfernen sichtbaren metallischen Quecksilbers auf der Schwarzdecke sowie der Pflasterrinne, Ein- oder mehrmaliges, flächendeckendes Auftragen von Zink- und Schwefelpulver, Einkehren in Oberflächenhohlräume und nachfolgendem, vollständigem Absaugen mit einem K1-Absaugegerät.
- Reinigung des Schlammfanges in der Senke und Einlagerung des Schlammes in die Entsorgungsgebäude
- Aufnehmen von Betonbodenplatten, Reinigen der Platten und Immobilisieren. Seitwärtige Lagerung zum Wiedereinbau.
- Entfernen von Lockermaterial unter der freigelegten Fläche durch Abschaufeln und Absaugen. Aufnehmen des die Betonbodenplatten unterlagernden Magerbetons.
- Wiedereinbau der Bodenplatten (10 qm), Einkehren von Sand in die Plattenfugen.
- Vollständiges Reinigen der abgedeckten Ablaufrinne vor dem Bereich 2.
- Leeren des Containers auf dem Pausenhof, der mit quecksilberbelastetem Material aus ersten Reinigungsmaßnahmen durch die Feuerwehr und die Firma WIG befüllt war, mit nachfolgender kleinzügiger Reinigung und Immobilisierung des Containers. Bereitstellen zur ordnungsgemäßen Entsorgung.

4.3 Reinigung der Schülerwohnung

- Entfernen des gesamten beweglichen Inventars aus dem Schlafzimmer und dem Kinderzimmer unter vollständiger Feuchtentstaubung des Mobiliars mit Hg-immobilisierenden Reinigungsmittelzusätzen. Zwischenlagerung auf dem Dachboden des Anwesens. Untersuchen der Räume auf Restbelastungen mit einem Hg-Monitor. Sortieren des Inventars nach Belastungsintensität. Ausschleusen und Entlüften von leicht ausgasendem Material (Kleidungsstücke, Bettdecken, Spielsachen etc.) gegebenenfalls Nachreinigung bis zum Negativbefund bzw. Bereitstellung zur Entsorgung.
- Entfernen der stark kontaminierten Teppiche in Schlaf- und Kinderzimmer sowie des Kasentbettes im Kinderzimmer. Bereitstellung zur Entsorgung als Sondermüll.
- Naßreinigung der freigelegten Böden in Schlaf- und Kinderzimmer.
- Naßentstaubung von Gang Küche und Bad unter Verwendung von Hg-immobilisierenden Reinigungsmittelzusätzen
- Verlegen neuer Teppiche in Schlaf- und Kinderzimmer.
- Einbringen des gereinigten Inventars.
- Durchführung von Abschlußmessungen zur Dokumentation des Sanierungserfolgs

5 Nachweis des Sanierungserfolges über abschließende Raumlufmessungen

Im **Klassenzimmer 3.12** wurden nach Abschluß der Sanierungsmaßnahme am 19., 20. und 26. August 3 Raumlufmessungen zur Dokumentation des Sanierungsergebnisses durchgeführt. Alle drei Messungen belegen bei normalem Belüftungszustand Hg-Raumlufgehalte unterhalb der analytisch bedingten Nachweisgrenze von $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In der **Wohnung** wurden nach Abschluß der Sanierungsmaßnahme am 25. und 28. August insgesamt 5 Raumlufmessungen im Kinderzimmer, Wohnzimmer bzw. Schlafzimmer zur Dokumentation des Sanierungsergebnisses durchgeführt. Sämtliche Meßergebnisse liegen unter Simulation normaler Lüftungsverhältnisse (über Nacht war jeweils ein Fenster pro Raum gekippt, das Fenster wurde eine Stunde vor Probenahme verschlossen) im Bereich der analytisch bedingten Nachweisgrenze von $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,2$ bis $0,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die sanierten Räume erfüllen somit die Raumlufkriterien der WHO für Wohnzwecke. Weiterer Handlungsbedarf besteht nicht.

6 Zusammenfassung

Vorliegendes Gutachten beschreibt die Vorgehensweise bei der Untersuchung und der Beseitigung der Quecksilberverunreinigungen im Schadensfall Grund- und Hauptschule Schnieglinger Straße, Nürnberg sowie in betroffenen 5 Schülerwohnungen.

Ausgehend von vermutlich 1 bis 2 kg elementaren Quecksilbers, welches in den Pausenhof im Bereich einer zentral gelegenen Pflanzinsel vermutlich am 23. Juli 1997 eingebracht bzw. verschüttet worden war - die Herkunft ist bisher trotz polizeilicher Ermittlungen ungeklärt -, wurde der Schadstoff über das Schuhwerk von insgesamt 800 Schülern in das gesamte Schulgebäude eingetragen. Schüler/innen aus der Klasse Ü5/6 haben Teilmengen in ihr Klassenzimmer im 3. OG des Schulgebäudes

transportiert. Vereinzelt haben Schüler Quecksilber zu Spielzwecken mit nach Hause genommen. Hierdurch wurde das Klassenzimmer 3.12 sowie eine Schülerwohnung sanierungsrelevant - ermittelt wurden Hg-Raumluftgehalte zwischen 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - mit Quecksilber verunreinigt.

Insgesamt wurden nach intensiver Recherche über den Schadenshergang 122 Räume der Schule, der Pausenhof sowie 5 Schülerwohnungen detailliert auf Quecksilber untersucht um die bekannten Schadensherde einzugrenzen und weitere Kontaminationsbereiche sicher identifizieren bzw. ausschließen zu können. Hierbei wurden 31 Raumluftmessungen und 15 Materialanalysen auf Quecksilber durchgeführt.

Durch die enge und unkonventionelle Zusammenarbeit von Behörden, Schulleitung, Schulverwaltung, Polizei sowie von Fachfirmen im Bereich der Umweltanalytik, Sanierungsplanung und -ausführung, konnten die kontaminierten Bereiche noch vor Schulbeginn erfolgreich saniert werden. Sanierungsziel war hierbei das Erreichen des WHO-Richtwertes für Wohnraumnutzung mit einem Hg-Gehalt in der Raumluft von 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.