



LAND

OBERÖSTERREICH

Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder und Lehrkräfte



Ergebnisse des Messprogramms
Quecksilber in Oberösterreichs Schulen



US

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Land Oberösterreich

Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung Umweltschutz

4021 Linz • Goethestraße 86

Leiterin: HRⁱⁿ Dr. Ulrike Jäger-Urban

Tel.: (+43 732) 77 20-136 43,

Fax.: (+43 732) 77 20-21 36 42,

E-Mail: us.post@ooe.gv.at

<http://www.land-oberoesterreich.gv.at>

Redaktion: Günter Minniberger, Sandra Öfner

Mitarbeit: Thomas Kernecker, Johannes Hackl

Fotos, Grafik und Druck: Abteilung Umweltschutz

1. Auflage, 2011

DVR: 0069264

Gesunde Luft für Oberösterreichs

Kinder und Lehrkräfte

Ergebnisse des Messprogramms

Quecksilber in Oberösterreichs Physik- und Chemiesälen in Hauptschulen, Gymnasien, höheren Schulen und Berufsschulen

Danksagung

Dank gebührt den Direktorinnen und Direktoren, Lehrerinnen und Lehrern, sowie den Schulwartinnen und Schulwarten für die Unterstützung bei der Durchführung dieses Projektes.



Vorwort

**Liebe Schülerinnen und Schüler,
liebe Lehrkräfte!**



Kinder und Jugendliche verbringen einen Großteil ihrer Tageszeit in unseren Schulen und reagieren auf mögliche Umweltbelastungen in Innenräumen sehr empfindlich. Daher ist es besonders wichtig, sie vor möglichen Gesundheitsgefahren zu schützen.

Das Reduzieren von Quecksilber und ein besonders vorsichtiger Umgang mit diesem zweifelsohne beeindruckenden, aber gefährlichen Flüssigmetall im Schulunterricht, ist uns ein wichtiges Anliegen. Es geht darum, SchülerInnen, LehrerInnen aber auch das Reinigungspersonal über den richtigen Umgang mit Quecksilber zu informieren und sie vor möglichen Quecksilberbelastungen zu schützen.

Das chemisch-analytische Labor des Landes Oberösterreich hat an den Pflicht- und Höheren Schulen flächendeckend überprüft, wie hoch die tatsächliche Quecksilberbelastung liegt. Aufgrund der vorliegenden Fakten wurde umgehend in Kooperation mit den Schulbetreibern ein Maßnahmenpaket geschnürt, um nachhaltige Verbesserungen umzusetzen.

Der hier vorliegende Bericht ist ein weiterer Schritt, dem Umweltwirkungsziel zur "Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen" näher zu kommen. Er enthält neben einer Auswertung der Messergebnisse auch eine konkrete Anleitung, wie man mit dem faszinierenden, aber toxischen Bodenschatz im Schulunterricht umgehen soll sowie eine schrittweise Sicherheitsanleitung, wie man im Falle eines Unfalles vorgehen muss.

Sicherheit geht vor.

Dr. Josef Pühringer



Landeshauptmann

Rudi Anschöber



Landesrat für Umwelt, Energie,
Wasser und KonsumentInnenenschutz



Inhaltsverzeichnis

Impressum	1
Vorwort	3
Zusammenfassung	5
1 Motivation und Ziel.....	7
2 Allgemeine Information über Quecksilber	9
2.1 Vorkommen und Stoffeigenschaften.....	9
2.2 Grenzwerte bzw. Richtwerte.....	10
2.2.1 MAK-Wert.....	10
2.2.2 Richtwerte Deutschland.....	11
2.2.3 WHO.....	12
2.3 Giftigkeit des Quecksilberdampfes	12
2.4 Auswirkungen auf den Menschen.....	13
2.5 Quecksilber im Alltag.....	15
3 Methode und Durchführung	17
3.1 Das Projekt.....	17
4 Ergebnisse.....	18
4.1 Gesamtauswertung	18
4.2 Auswertung nach Bezirken.....	19
4.2.1 Bezirk Linz – Stadt	19
4.2.2 Bezirk Linz – Land.....	21
4.2.3 Bezirk Wels – Stadt.....	22
4.2.4 Bezirk Wels – Land	23
4.2.5 Bezirk Grieskirchen	24
4.2.6 Bezirk Eferding	25
4.2.7 Bezirk Rohrbach.....	26
4.2.8 Bezirk Urfahr – Umgebung	27
4.2.9 Bezirk Freistadt	28
4.2.10 Bezirk Perg.....	29
4.2.11 Bezirk Steyr – Stadt.....	30
4.2.12 Bezirk Steyr – Land	31
4.2.13 Bezirk Kirchdorf an der Krems.....	32
4.2.14 Bezirk Gmunden.....	33
4.2.15 Bezirk Vöcklabruck.....	34
4.2.16 Bezirk Braunau am Inn	35
4.2.17 Bezirk Schärding	36
4.2.18 Bezirk Ried im Innkreis.....	37
5 Was ist zu tun wenn Quecksilber verschüttet wird?	38
6 Resümee und Ausblick.....	42
7 Quellenverzeichnis und Fußnoten	44

Zusammenfassung

In Fortsetzung der Studie "Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder und Lehrkräfte"¹ wurde im Zeitraum Juni 2008 bis Dezember 2010 die Quecksilberdampfkonzentration in Oberösterreichs Physik- und Chemiesälen gemessen.

Bei dem ursprünglich mit dem Oberösterreichischen Landesschulrat initiierten Projekt haben sich von 350 Schulen nur 25 für eine Messung interessiert. Bereits zu Beginn des Messprogramms zeigte sich sehr schnell dessen Bedeutung, da in der ersten untersuchten Schule im Physikkabinett (dient als Vorbereitungsraum für das Lehrpersonal) eine extrem hohe, über der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert²) liegende Quecksilberkonzentration gemessen wurde. Die Lehrkräfte waren dort den gesundheitsschädigenden Quecksilberdämpfen jahrelang ausgesetzt. Insbesondere wurde dieser Raum von einer Lehrkraft als Büro genutzt. Dieser Umstand führte zu unerklärlichen gesundheitlichen Beschwerden sowie zur frühzeitigen Pensionierung. Die Quecksilberquelle konnte hinter einem Schrank ausfindig gemacht werden und wurde sofort fachgerecht entsorgt.

In Anbetracht dieser alarmierenden Messung wurde das Messprogramm auf sämtliche oberösterreichische Schulen mit Physik- und Chemiesälen ausgedehnt, um SchülerInnen und Lehrkräfte vor den farb- und geruchlosen sowie extrem gesundheitsschädlichen Quecksilberdämpfen zu schützen.

Das Messprogramm umfasste 350 Schulen. Manche Schulen teilen sich diese Räume mit Nachbarschulen, somit wurde in insgesamt 305 Chemie- und Physiksälen einschließlich Vorbereitungsräumen die Quecksilberdampfkonzentration gemessen. Eine Privatschule verweigerte den Zutritt zum Physik- bzw. Chemiesaal.

In 250 Schulen wurden unbedenkliche Quecksilberdampfkonzentrationen unter dem Richtwert I³ (35 ng/m³) gemessen. Dieser Richtwert beschreibt die Konzentration bei der nach gegenwärtigen Erkenntnissen keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist.

47 Schulen lagen zwischen Richtwert I und Richtwert II. Aus Gründen der Vorsorge sollte auch in diesem Konzentrationsbereich gehandelt werden bzw. durch vermehrtes Lüften die Konzentration in der Raumluft gesenkt werden. Typischerweise ist die Aufenthaltsdauer in den Physik- und Chemiesälen auf wenige Wochenstunden beschränkt, sodass auch hier von keiner Gesundheitsgefährdung auszugehen ist.

Fünf Schulen lagen zwischen Richtwert II⁴ (350 ng/m³) und dem WHO-Richtwert⁵ (1000 ng/m³). Bei Überschreitung dieser Konzentration ist unverzüglich zu handeln, besonders in Räumen, welche für den Daueraufenthalt (Klassenzimmer) genutzt werden. Durch fachgerechte Reinigung konnte in diesen Fällen der Richtwert II dauerhaft unterschritten werden.

In einem Physiksaal wurde der MAK-Wert (50000 ng/m³) weit überschritten. Bei zwei weiteren Sälen wurde die Hälfte des MAK-Wertes erreicht. In einigen Schulen waren auch Klassenzimmer betroffen, die mit bis zu 20000 ng/m³ belastet waren. Diese Konzentration hätte insbesondere bei Kindern nach längerem Aufenthalt gesundheitliche Auswirkungen, wie zum Beispiel Kopfschmerzen, Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisschwäche bis hin zur Schädigung des Nervensystems, zur Folge. In Kooperation mit den Schulleitern wurde für diese stark belasteten Räume ein Maßnahmenpaket geschnürt und die Räume vorübergehend für den Unterricht gesperrt. Durch geeignete Maßnahmen konnte innerhalb kürzester Zeit die Quecksilberdampfkonzentration in der Raumluft unter den Richtwert II gesenkt und somit der Unterricht in diesen Räumen wieder aufgenommen werden.

In den Kabinetten, die in der Regel nicht für den Daueraufenthalt dienen, lagen 10 über dem Richtwert II. Mit einer Gesundheitsgefährdung ist insbesondere dann zu rechnen, wenn die Räume als Büros genutzt werden. Bei einem wurde der MAK-Wert weit überschritten. Auch hier wurden sofort entsprechende Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

In einer Schule war die Quecksilberdampfkonzentration des Chemie- und Physiksaales unter dem Richtwert I. Der Wert im Büro der Schulleitung sowie des Sekretariats betrug

jedoch 800 ng/m^3 . In einer anderen Schule lag die Quecksilberkonzentration beim Betreten des Chemiesaales zwar unter dem Richtwert II, jedoch wurde beim Waschbecken eine wesentlich höhere Konzentration gemessen. Nach Entfernen des Siphons stellte sich heraus, dass eine geschätzte Menge von ca. 20 g Quecksilber über den Ausguss entsorgt wurde. Weiters wurde festgestellt, dass in einigen Schulen mehrere Kilogramm Quecksilber gelagert werden.

1 Motivation und Ziel

Der moderne Mensch verbringt durchschnittlich bis zu 80% seiner Zeit in Innenräumen – ob Schule, Büro oder Zuhause. Der Grund dafür ist der subjektive Schutz vor Einflüssen der Außenwelt wie Kälte, Witterung oder auch Umweltschadstoffen. Tatsächlich stellen jedoch diese Räume oft selbst eine Belastung für die menschliche Gesundheit dar. Insbesondere Kinder, ältere oder kranke Menschen – also besonders empfindliche Personen, halten sich fast ausschließlich in geschlossenen Räumen auf. So ist gerade diese Personengruppe einer vielfältigen Luftbelastung ausgesetzt, welche durch in jedem Haus vorhandene Emissionsquellen hervor gerufen wird wie z.B.:

- Schimmelpilze
- Hausstaubmilben
- Tabakrauch
- Wohnraumfeuerungen (Kachel- oder Kaminofen)
- Insektizide und Pestizide
- Putzmittel
- chemische Schadstoffe die in Möbel, Teppichböden, Farbanstrichen vorkommen
- uvm.

Diese Verursacher können mit verschiedenen Krankheitssymptomen wie Kopfschmerzen, Atemwegserkrankungen, allergischen Reaktionen und Infektanfälligkeit in Zusammenhang gebracht werden.

Eine vielfach jedoch unerkannte Gefahrenquelle ist immer noch Quecksilber.

Obwohl mittlerweile das Fieberthermometer mit Quecksilber in nahezu allen Haushalten ersetzt wurde, lauert die Gefahr in Gebrauchsgegenständen in denen Quecksilber nicht vermutet werden kann oder in Schulen wo oft elementares Quecksilber verschüttet wurde, Quecksilberthermometer zerbrochen und unsachgemäß beseitigt wurden. Quecksilberdämpfe wurden so jahrelang von Schülern und Lehrkräften eingeatmet. Bei Quecksilber ist das Wort Gefahr keine populäre Übertreibung sondern – wie im folgenden Bericht geschildert – eine durchaus realistische Bedrohung der körperlichen Gesundheit. Da die Symptome sehr vielfältig sind kann nur in seltenen Fällen eindeutig auf eine Quecksilbervergiftung geschlossen werden.

Als Beispielsszenario⁶ wäre folgende Situation denkbar:

Im Physik- oder Chemieunterricht wird ein Versuch mit Quecksilber vorgeführt. Unbemerkt werden dabei ca. 0,1 ml der Substanz verschüttet. Beim Aufprall auf dem Boden zerfällt das Metall in gleich große Kügelchen von je 1 mm Durchmesser.

Ebenfalls denkbar wäre ein zerbrochenes Quecksilberthermometer (enthält ca. 30 g Quecksilber), von dessen Inhalt ein Zwanzigstel beim Aufsammeln nicht gefunden wird und z.B. hinter einem Schrank liegen bleibt.

Kann dadurch eine Gefährdung für Schüler/-innen und Lehrer/-innen hervorgerufen werden?

Diese Fragestellung kann anhand der Berechnung der Zeit, die bis zum Erreichen des MAK-Wertes verstreicht, geklärt werden.

Ergebnis dieser Berechnung ist, dass bereits nach ca. 19 Stunden im geschlossenen Raum (90 m³) eine Belastung durch Quecksilberdämpfe auftritt, die den MAK-Wert um das Doppelte überschreitet.

Durch Lüften kann das Problem nur kurzzeitig vermieden werden, denn Quecksilberdämpfe treten solange aus dem verschütteten Material aus, bis es gefunden und entsorgt wird. Im Falle des oben genannten Beispiels ist es hochwahrscheinlich, dass bei mäßigem Lüften der betreffenden Räumlichkeiten für Schülerinnen, Schüler, Lehrerinnen und Lehrer, die täglich mehrere Stunden in den Räumen verbringen, Langzeitschäden zu erwarten sind.

2 Allgemeine Information über Quecksilber

Die Verwendung von Quecksilber (Elementsymbol Hg) und seinen Verbindungen hat in der Menschheitsgeschichte eine lange Tradition.

Es fand Verwendung in Medizin, Alchemie und Handwerk, wobei die bereits im 16. Jahrhundert angewandte Technik der Edelmetallgewinnung durch Amalgambildung noch bis heute eine Bedeutung hat und in einigen Regionen der Welt große Umweltprobleme verursacht.

2.1 Vorkommen und Stoffeigenschaften⁷

Quecksilber gehört zu den seltenen Elementen der Erde. Sein Anteil an der obersten, 16 km dicken Erdkruste wird auf ca. 10^{-7} % geschätzt. In der Luft völlig unbelasteter Gebiete der nördlichen Hemisphäre findet man 2 ng/m^3 , in stark industrialisierten Gebieten bis zu 20 ng/m^3 .



Abbildung 1:
Elementares Quecksilber



Abbildung 2: Zinnober

Das bei weitem wichtigste Quecksilbermineral ist der Zinnober (HgS). Gelegentlich kommen auch kleine Quecksilbertröpfchen "gediegen" vor. Seltene, technisch bedeutungslose Quecksilberminerale sind: Coloradoit (HgTe), Tiemannit (HgSe), Kalomel (Hg_2Cl_2), Coccinit (Hg_2I_2).

Wichtige Quecksilbervorkommen befinden sich in Südspanien, im Monte Amiata (erloschener Vulkan) der Provinz Siena und im alpinen Triasgestein von Idria. Weitere zum Teil kleinere Vorkommen gibt es in der Rheinpfalz (Moschellandsberg bei Kreuznach), in Tschechien, im ehemaligen Jugoslawien, in Rumänien, der Türkei, Algerien, im Westen Kanadas und den USA, in Peru, Brasilien, Mexiko, in China und Japan. Im Allgemeinen liegt der Durchschnittsgehalt abgebauter Erze bei 0,2 - 1 %.



Abbildung 3:
Gefahrensymbol
"Sehr giftig"

In Spuren ist Quecksilber in der Natur weit verbreitet. In natürlichen, nicht verunreinigten Wässern ist Quecksilber in Konzentrationen zwischen 0,5-15 ng/l (Meerwasser) und 1-5 ng/l (Flusswasser) enthalten.

Stoffeigenschaften von Quecksilber	
Schmelzpunkt	-38,84 °C
Siedepunkt	356,95 °C
Dichte	13,546 g/cm ³
Molare Masse	200,59 g/mol
Dampfdruck bei 20°C	0,0016 mbar
Dampfsättigungskonzentration bei 20 °C	0,013 g/m ³
Dampfsättigungskonzentration bei 30 °C	0,030 g/m ³
Dampfsättigungskonzentration bei 50 °C	0,130 g/m ³

2.2 Grenzwerte bzw. Richtwerte

Grenzwerte sind in einer Verordnung festgelegte Werte, die nicht überschritten werden dürfen.

Im Gegensatz zu Grenzwerten sind Richtwerte nicht in einer Verordnung festgelegt. Sie sind deshalb nur Orientierungshilfen, die den Charakter einer Empfehlung haben.

In diesem Bericht wurden die Messergebnisse in ng/m³ angegeben.

(Umrechnung: 0,001 mg/m³ = 1 µg/m³ = 1000 ng/m³)

2.2.1 MAK-Wert

In Österreich gibt es nur den sogenannten MAK-Wert (maximale Arbeitsplatz-Konzentration) welcher nach der Grenzwertverordnung 2007 bei 0,05 mg/m³ liegt.

Der MAK-Wert ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, wodurch im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt wird. In der Regel wird der MAK-Wert als Durchschnittswert über Zeiträume bis zu einem Arbeitstag oder einer Arbeitsschicht integriert.

Bei der Aufstellung von MAK-Werten sind in erster Linie die Wirkungscharakteristika der Stoffe berücksichtigt, daneben aber auch - soweit möglich - praktische Gegebenheiten der Arbeitsprozesse bzw. der durch diese bestimmten Expositionsmuster. Maßgebend sind dabei wissenschaftlich fundierte Kriterien des Gesundheitsschutzes, nicht die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Realisation in der Praxis.

Dieser MAK-Wert gilt nicht für Schulen, Büroräume und für den privaten Bereich. In Österreich gibt es für diese Räume bis dato keine Grenzwerte bzw. Richtwerte für die Quecksilberkonzentration in der Luft.

2.2.2 Richtwerte Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland hat im Jahr 1999 Richtwerte für die Quecksilberkonzentration in der Luft von Innenräumen festgelegt. Dabei werden zwei Richtwerte unterschieden:

2.2.2.1 Richtwert I:

Der Richtwert I beschreibt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft bei welcher, bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand, auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Aus Gründen der Vorsorge sollte auch im Konzentrationsbereich zwischen Richtwert I und II gehandelt werden – sei es durch technische und bauliche Maßnahmen am Gebäude oder durch verändertes Nutzverhalten. Richtwert I kann als Zielwert bei Sanierungen dienen. Die Richtwerte beziehen sich auf Einzelstoffe und beinhalten keine Aussage über mögliche Kombinationswirkungen verschiedener Substanzen. Bei Quecksilber beträgt der Wert $0,035 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland)

2.2.2.2 Richtwert II:

Der Richtwert II ist ein wirkungsbezogener Wert, welcher sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich zu handeln ist. Diese höhere

Konzentration kann - besonders für empfindliche Personen - bei Daueraufenthalt in Räumen eine gesundheitliche Gefährdung sein. Bei Quecksilber beträgt der Wert $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland)

2.2.3 WHO⁵

Die WHO (Weltgesundheitsorganisation) hat in den "Air Quality Guidelines for Europe" einen Richtwert für die Quecksilberkonzentration in der Luft festgelegt. Dieser beträgt $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass selbst bei Einhaltung dieses Richtwertes noch ein Gesundheitsrisiko bestehe, besonders bei Kindern, Schwangeren und anfälligen Personen.

Für diesen Bericht wurden die Richtwerte des Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland als Bewertungskriterium herangezogen.

2.3 Giftigkeit des Quecksilberdampfes^{9, 6}

Aufgrund des hohen Dampfdrucks von Quecksilber können beträchtliche Mengen über die Luft eingeatmet werden. Pro Tag atmet der Mensch 10 bis 20 m^3 Luft ein, je nach Alter und je nachdem, wie aktiv er ist. Dies entspricht einer Masse von 12 bis 24 kg Luft. Die Resorptionsrate über die Lunge beträgt dabei circa 80 % (zum Vergleich: bei der oralen Aufnahme von Quecksilber wird eine Resorptionsrate von circa 0,01 % erreicht). Bei einer Sättigungskonzentration von $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ bei 25 °C besteht die Gefahr sofortiger Vergiftungserscheinungen.

Da elementares Quecksilber die Blut-Hirn-Schranke leicht überwindet und im Hirn durch Katalyse zu Hg^{2+} oxidiert wird, akkumuliert es dort. Darauf beruht die Gefährlichkeit einer langjährigen Exposition auch gegenüber geringsten Quecksilberdampfkonzentrationen. Ebenfalls toxisch sind zahlreiche Quecksilberverbindungen. Verbindungen des zweiwertigen Quecksilber sind generell giftiger als die des einwertigen. Die Giftigkeit von anorganischen Hg-Verbindungen nimmt mit zunehmender Löslichkeit der Substanz zu, bleibt jedoch unter der von organischen Verbindungen – besonders unter der von Methylquecksilber-Verbindungen. Wenige Tropfen Dimethylquecksilber auf der durch einen Latex-Handschuh geschützten Hand eines Menschen können tödlich wirken.

Akute Vergiftungen äußern sich in schweren Magen- und Darmkoliken, lokalen Schleimhautverätzungen, einem dunklen Saum von HgS am Zahnfleisch und gegebenenfalls in Nierenversagen.

Der Grund für die Giftigkeit ist, dass Quecksilber-Ionen leicht mit freien Thiol-Gruppen von Proteinen reagieren, was zu einer Inhibition der Enzyme führt. Hg^{2+} reichert sich in der Nierenrinde an, während lipophile organische Quecksilber-Verbindungen hauptsächlich auf das Zentralnervensystem wirken.

2.4 Auswirkungen auf den Menschen

Die Gefährlichkeit des metallischen Quecksilbers ist keine neue Entdeckung. Bereits vor einem Jahrhundert kannte und fürchtete man die Vergiftung durch Quecksilberdampf allgemein. Im Laufe der neuesten Zeit ist die ungeheure Gefährlichkeit des metallischen Quecksilbers mehr und mehr in Vergessenheit geraten. Zwar steht in den Büchern, dass Quecksilber ein starkes Gift ist und dass man damit vorsichtig umgehen muss, in der Praxis aber wurde man zu leichtsinnig.

Im Jahre 1926 hat der deutsche Chemiker Prof. Dr. Alfred Stock¹⁰ die schleichend auftretenden Vergiftungssymptome, welche er durch Aufnahme über die Atemwege am eigenen Leib erfahren hat, genau beschrieben. Bereits ab sehr geringen Quecksilberdampfkonzentrationen in der Luft (z.B.: ein zerbrochenes Fieberthermometer) können Vergiftungssymptome auftreten.

Anfangs ist es nur ein leichtes Bluten des Zahnfleisches, später folgen Gedächtnisschwäche, Kopfschmerzen, Verdauungsstörungen bis hin zu schwersten Schädigungen des Nervensystems. Das inhalierte Quecksilber sammelt sich im menschlichen Körper an und wird nur langsam mit dem Harn wieder ausgeschieden.

Über lange Zeit hinweg eingeatmete Quecksilberdämpfe sind aus folgenden Gründen hoch gefährlich:

- lange Verweilzeit im Körper
- hohe Mobilität im Körper durch Verbreitung mittels des Blutkreislaufes

- hohe Reaktionsfreudigkeit des Umwandlungsproduktes Hg^{++} mit kritischen Biomolekülen.

Folgende Symptome können dadurch auftreten¹¹:

- Schädigungen des Zentralnervensystems
Abgeschlagenheit, Appetitlosigkeit, Konzentrationsschwäche, Schlaflosigkeit, Zurückgezogenheit, Defizite im Kurzzeitgedächtnis, Gewichtsverlust, Tremor (Zittern an Fingern, Augen und Lippen), Erithismus (Übererregbarkeit, Depression, unspezifisch als Abgeschlagenheit)
- Schädigungen des peripheren Nervensystems
Polyneuropathie (sensitive und motorische Beeinträchtigungen, trophische Veränderungen der Haut), Parästhesie (Sensibilitätsstörung)
- Schädigungen der Mundhöhle
Gingivitis (Zahnfleischentzündung)
- Schädigungen der Niere
Proteinurie (übermäßige Ausscheidung von Eiweiß aus dem Harn), Nephropathie (Nierenschäden)

2.5 Quecksilber im Alltag

Quecksilber ist in unserem Alltag weiter verbreitet als angenommen.

Eines der bekanntesten quecksilberhaltigen Produkte ist wohl das Fieberthermometer.

Seit April 2009 ist der Vertrieb von Quecksilberthermometern für den privaten Gebrauch innerhalb der EU verboten. Trotz der Umtauschaktionen von Quecksilberthermometern gegen digitale Fieberthermometer sind noch viele quecksilberhältige Thermometer im Umlauf.

In Schulen werden sowohl Quecksilberthermometer als auch elementares Quecksilber für verschiedene Versuchszwecke eingesetzt.

Produkte, die Quecksilber enthalten (mit Mengenangaben):

Produkt	Enthaltene Menge an Quecksilber
Fieberthermometer	1 g
alte Hydrometer	6 g
alte Blutdruckmessgeräte	110 – 200 g
Manometer	60 – 500 g
alte Schalter / Thermostate	3 – 5 g
Elbow Shock Absorber	29 g
Energiesparlampen / Leuchtstoffröhren	0,005 g
Laborthermometer	3 – 35 g



Abbildung 4: Alte Quecksilberschalter und Sensoren



Abbildung 5: Quecksilberthermometer



Abbildung 6:
Barometer



Abbildung 7: Energiesparlampen



Abbildung 8: Elbow Shock
Absorber



Abbildung 9: altes
Hydrometer

3 Methode und Durchführung

3.1 Das Projekt

Im Mai 2008 wurde ein Projekt beim Landesschulrat für Oberösterreich vorgestellt, in welchem Quecksilberdämpfe in Schulen gemessen werden sollten. Da Quecksilber im Physik- bzw. Chemieunterricht Anwendung in Experimenten findet, sowie in Messgeräten enthalten ist, kommt es auch immer wieder zu Unfällen mit Quecksilber. Die Gefahr wird hierbei oft unterschätzt bzw. herrscht oft nicht das nötige Wissen über die sachgerechte Beseitigung von verschüttetem Quecksilber. Das hat zur Folge, dass nicht beseitigte Quecksilberreste (beispielsweise unter Möbelstücken) jahrelang giftige Dämpfe abgeben.



Abbildung 10: Zeemann mercury spectrometer

Mit dem Quecksilberdampfschnellmessgerät der Abteilung Umweltschutz (Zeeman mercury spectrometer der Firma Lumex) wurde in allen oberösterreichischen Schulen mit Physik- und Chemiesälen die Belastung durch Quecksilberdampf in der Innenraumluft der betreffenden Schulräume gemessen.

Durch das kontinuierliche, direkt anzeigende Messverfahren ist eine Überprüfung des Konzentrationsverlaufes und damit die Beurteilung von kurzzeitig auftretenden Belastungen möglich. Gleichzeitig können auch gezielt Schadstoffquellen (Quecksilberkugeln) aufgespürt werden.

Diese einfache und schnelle Maßnahme kann im Ernstfall Schülerrinnen, Schüler, Lehrerinnen und Lehrer vor chronischen gesundheitlichen Schäden aufgrund von eingeatmeten Quecksilberdämpfen bewahren.

Das kontinuierliche Messverfahren beruht auf dem Atomabsorptionsprinzip. Die Quecksilberkonzentration wird durch Messung der Lichtabsorption bei 253,7 nm im optischen Weg zwischen einer Quecksilberdampfentladungslampe und Fotozellen bestimmt.

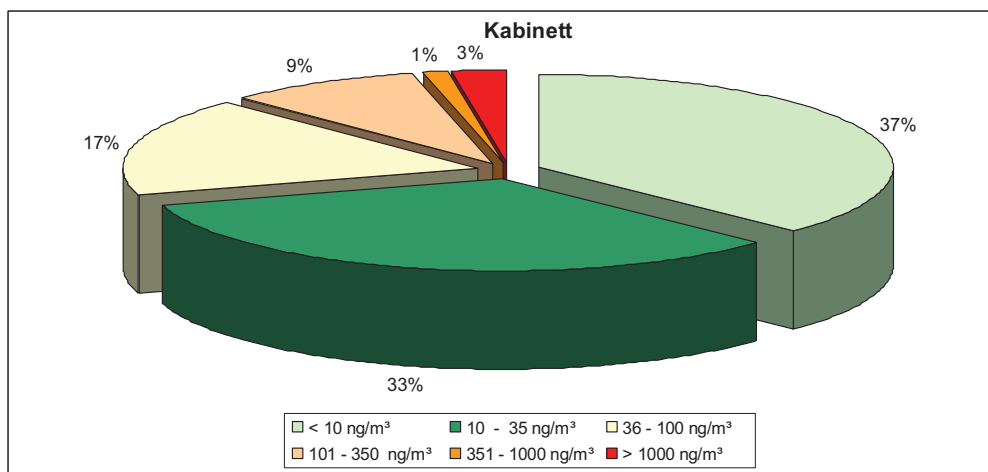
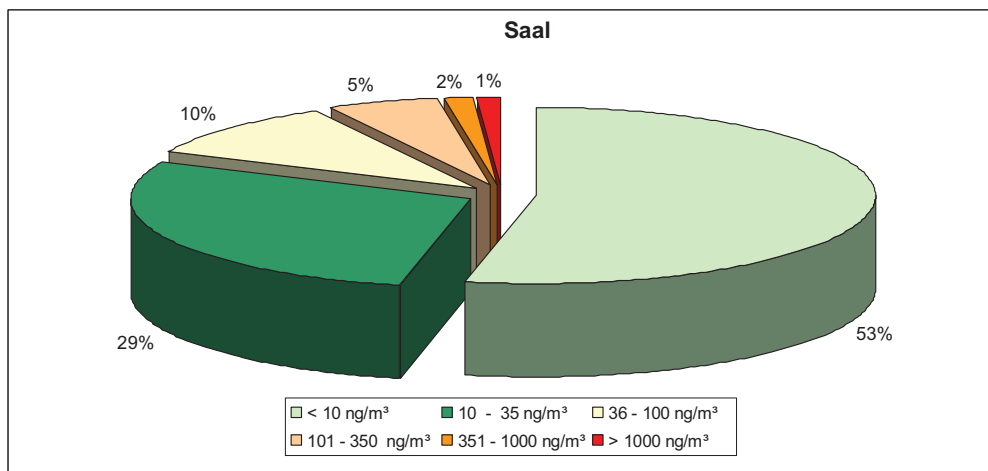
Das Gerät deckt einen Messbereich von 2 - 20000 ng/m³ (bei Verwendung der Mehrwegzelle) bzw. von 500 - 200000 ng/m³ (bei Verwendung der Einwegzelle) ab.

4 Ergebnisse

Die Messungen wurden im Zeitraum Juni 2008 bis Dezember 2010 durchgeführt. In den Schulen, wo Überschreitungen der Richtwerte auftraten, sind umgehend entsprechende Maßnahmen gesetzt worden (vgl. Zusammenfassung) und alle Schulen wurden über den richtigen Umgang mit Quecksilber informiert.

4.1 Gesamtauswertung

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	305	280		
< 10 ng/m ³	163	104	53 %	37 %
10 - 35 ng/m ³	87	93	29 %	33 %
36 - 100 ng/m ³	31	48	10 %	17 %
101 - 350 ng/m ³	16	25	5 %	9 %
351 - 1000 ng/m ³	5	3	2 %	1 %
> 1000 ng/m ³	3	7	1 %	3 %



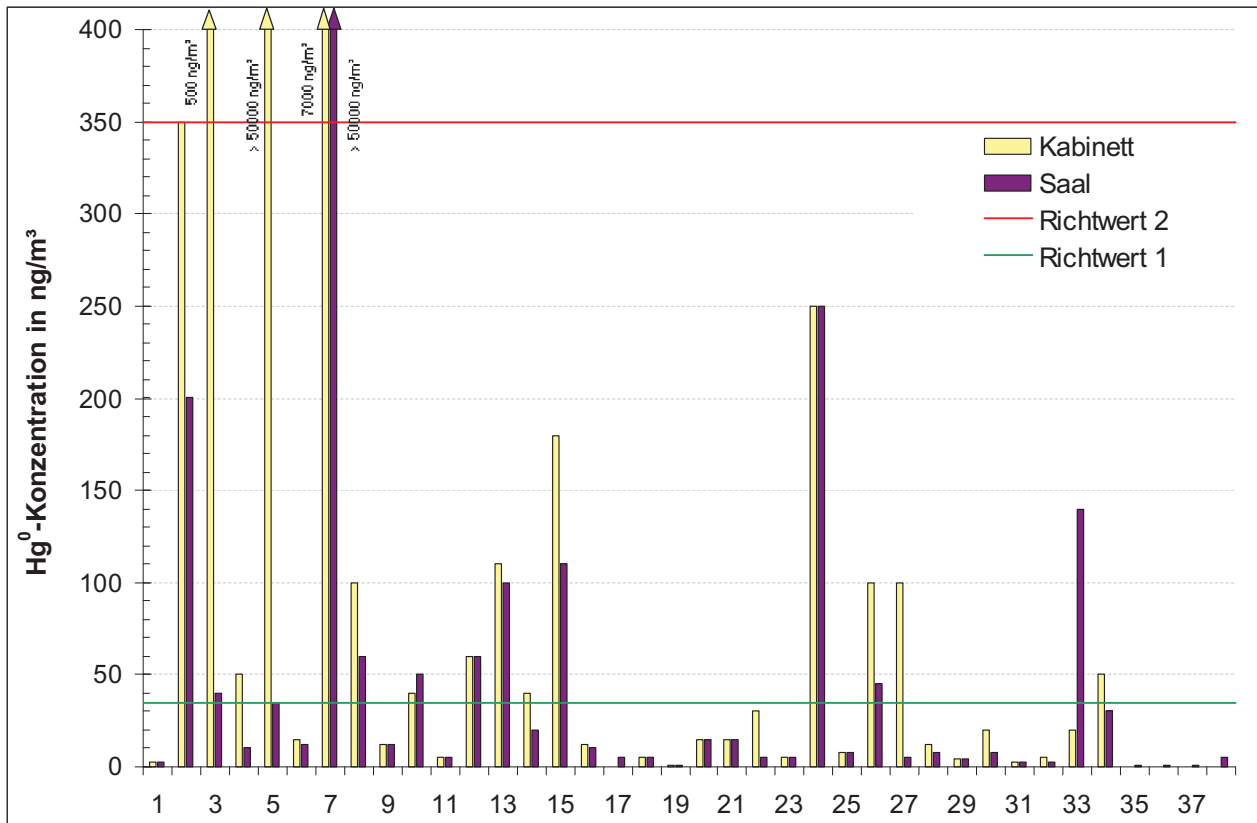


4.2 Auswertung nach Bezirken

4.2.1 Bezirk Linz – Stadt

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	38	33		
< 10 ng/m ³	18	9	47 %	27 %
10 - 35 ng/m ³	9	9	24 %	27 %
36 - 100 ng/m ³	5	8	13 %	24 %
101 - 350 ng/m ³	5	4	13 %	12 %
351 - 1000 ng/m ³	-	1	-	3 %
> 1000 ng/m ³	1	2	3 %	6 %

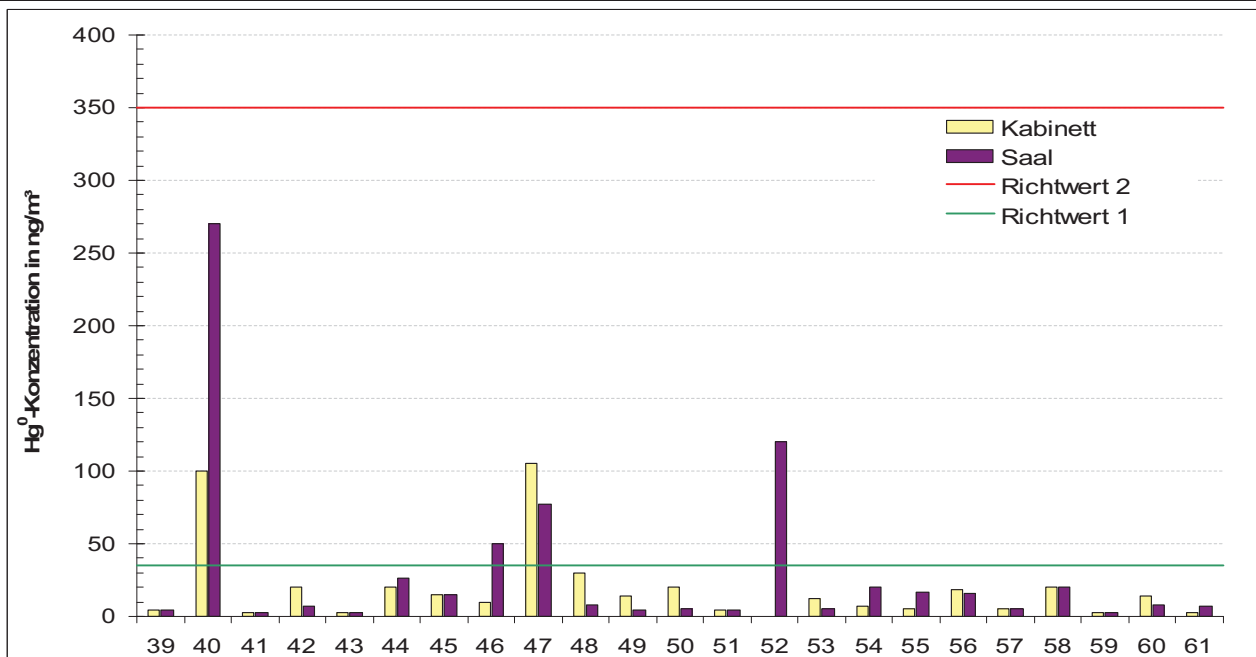
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
1	3 ng/m ³	3 ng/m ³	20	15 ng/m ³	15 ng/m ³
2	200 ng/m ³	350 ng/m ³	21	15 ng/m ³	15 ng/m ³
3	40 ng/m ³	500 ng/m ³	22	5 ng/m ³	30 ng/m ³
4	10 ng/m ³	50 ng/m ³	23	5 ng/m ³	5 ng/m ³
5	35 ng/m ³	>50000 ng/m ³	24	250 ng/m ³	250 ng/m ³
6	12 ng/m ³	15 ng/m ³	25	8 ng/m ³	8 ng/m ³
7	>50000 ng/m ³	7000 ng/m ³	26	45 ng/m ³	100 ng/m ³
8	60 ng/m ³	100 ng/m ³	27	5 ng/m ³	100 ng/m ³
9	12 ng/m ³	12 ng/m ³	28	8 ng/m ³	12 ng/m ³
10	50 ng/m ³	40 ng/m ³	29	4 ng/m ³	4 ng/m ³
11	5 ng/m ³	5 ng/m ³	30	8 ng/m ³	20 ng/m ³
12	60 ng/m ³	60 ng/m ³	31	3 ng/m ³	3 ng/m ³
13	100 ng/m ³	110 ng/m ³	32	3 ng/m ³	5 ng/m ³
14	20 ng/m ³	40 ng/m ³	33	140 ng/m ³	20 ng/m ³
15	110 ng/m ³	180 ng/m ³	34	30 ng/m ³	50 ng/m ³
16	10 ng/m ³	12 ng/m ³	35	1 ng/m ³	
17	5 ng/m ³		36	1 ng/m ³	
18	5 ng/m ³	5 ng/m ³	37	1 ng/m ³	
19	1 ng/m ³	1 ng/m ³	38	5 ng/m ³	



4.2.2 Bezirk Linz – Land

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	23	22		
< 10 ng/m ³	13	9	57 %	41 %
10 - 35 ng/m ³	6	11	26 %	50 %
36 - 100 ng/m ³	2	1	9 %	5 %
101 - 350 ng/m ³	2	1	9 %	5 %
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
39	4 ng/m ³	4 ng/m ³	51	4 ng/m ³	4 ng/m ³
40	270 ng/m ³	100 ng/m ³	52	120 ng/m ³	
41	3 ng/m ³	3 ng/m ³	53	5 ng/m ³	12 ng/m ³
42	7 ng/m ³	20 ng/m ³	54	20 ng/m ³	7 ng/m ³
43	3 ng/m ³	3 ng/m ³	55	17 ng/m ³	5 ng/m ³
44	26 ng/m ³	20 ng/m ³	56	16 ng/m ³	18 ng/m ³
45	15 ng/m ³	15 ng/m ³	57	5 ng/m ³	5 ng/m ³
46	50 ng/m ³	10 ng/m ³	58	20 ng/m ³	20 ng/m ³
47	77 ng/m ³	105 ng/m ³	59	3 ng/m ³	3 ng/m ³
48	8 ng/m ³	30 ng/m ³	60	8 ng/m ³	14 ng/m ³
49	4 ng/m ³	14 ng/m ³	61	7 ng/m ³	3 ng/m ³
50	5 ng/m ³	20 ng/m ³			

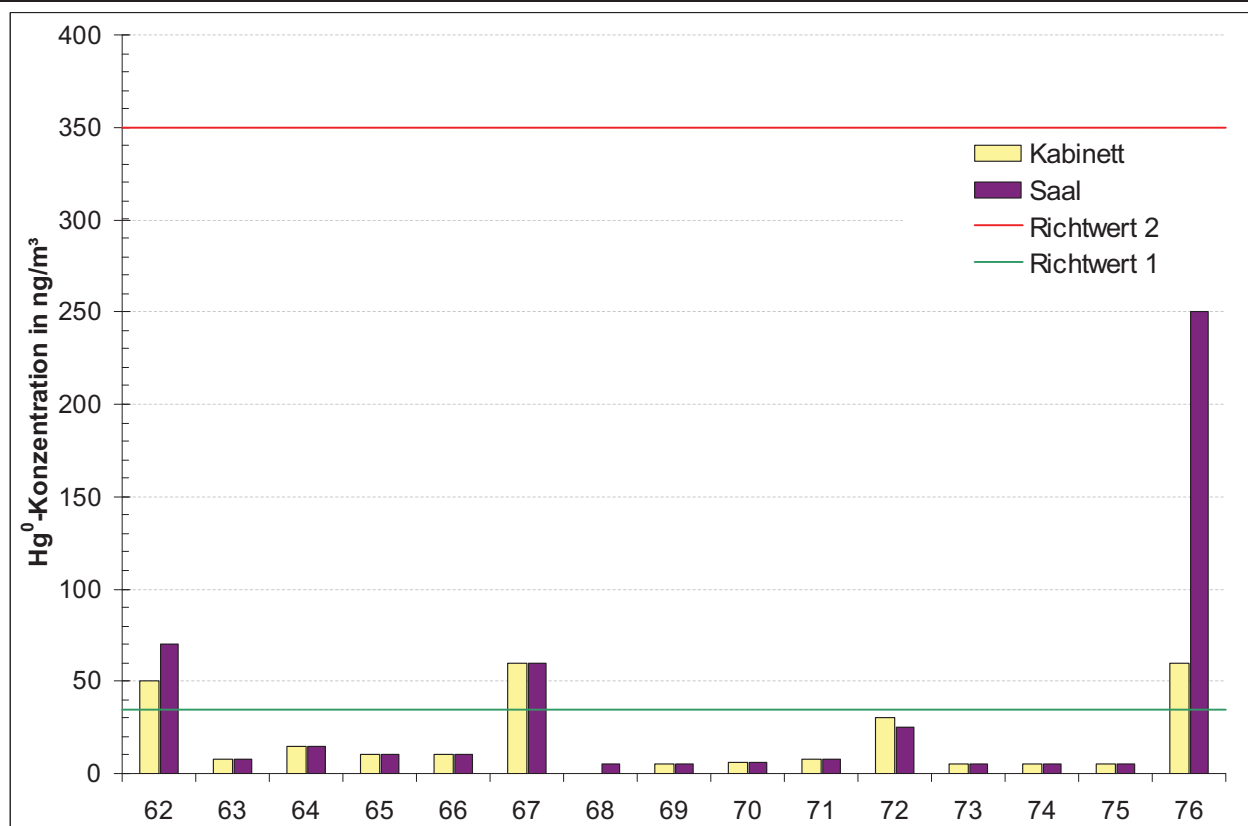




4.2.3 Bezirk Wels – Stadt

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	15	14		
< 10 ng/m ³	8	7	53 %	50 %
10 - 35 ng/m ³	4	4	27 %	29 %
36 - 100 ng/m ³	2	3	13 %	21 %
101 - 350 ng/m ³	1	-	7 %	-
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

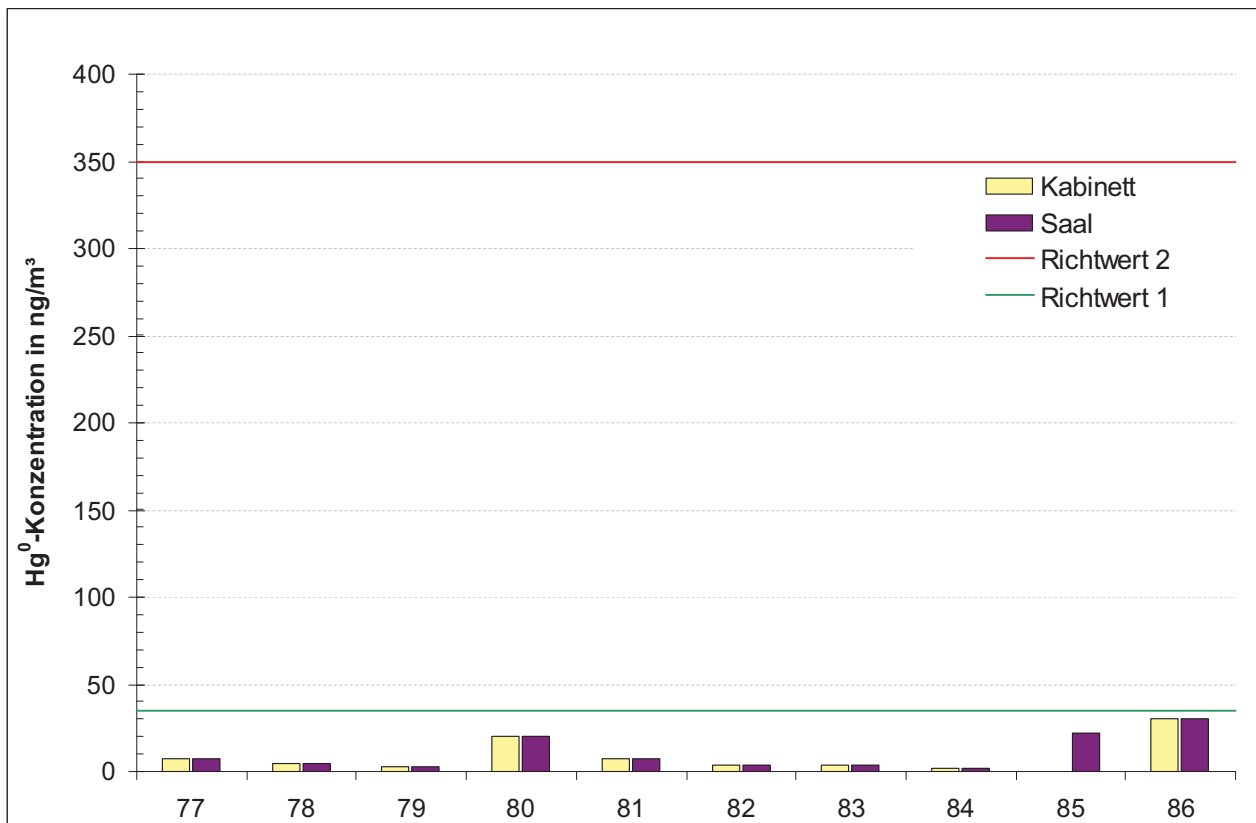
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
62	70 ng/m ³	50 ng/m ³	70	6 ng/m ³	6 ng/m ³
63	8 ng/m ³	8 ng/m ³	71	8 ng/m ³	8 ng/m ³
64	15 ng/m ³	15 ng/m ³	72	25 ng/m ³	30 ng/m ³
65	10 ng/m ³	10 ng/m ³	73	5 ng/m ³	5 ng/m ³
66	10 ng/m ³	10 ng/m ³	74	5 ng/m ³	5 ng/m ³
67	60 ng/m ³	60 ng/m ³	75	5 ng/m ³	5 ng/m ³
68	5 ng/m ³		76	250 ng/m ³	60 ng/m ³
69	5 ng/m ³	5 ng/m ³			



4.2.4 Bezirk Wels – Land

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	10	9		
< 10 ng/m ³	7	7	70 %	78 %
10 - 35 ng/m ³	3	2	30 %	22 %
36 - 100 ng/m ³	-	-	-	-
101 - 350 ng/m ³	-	-	-	-
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

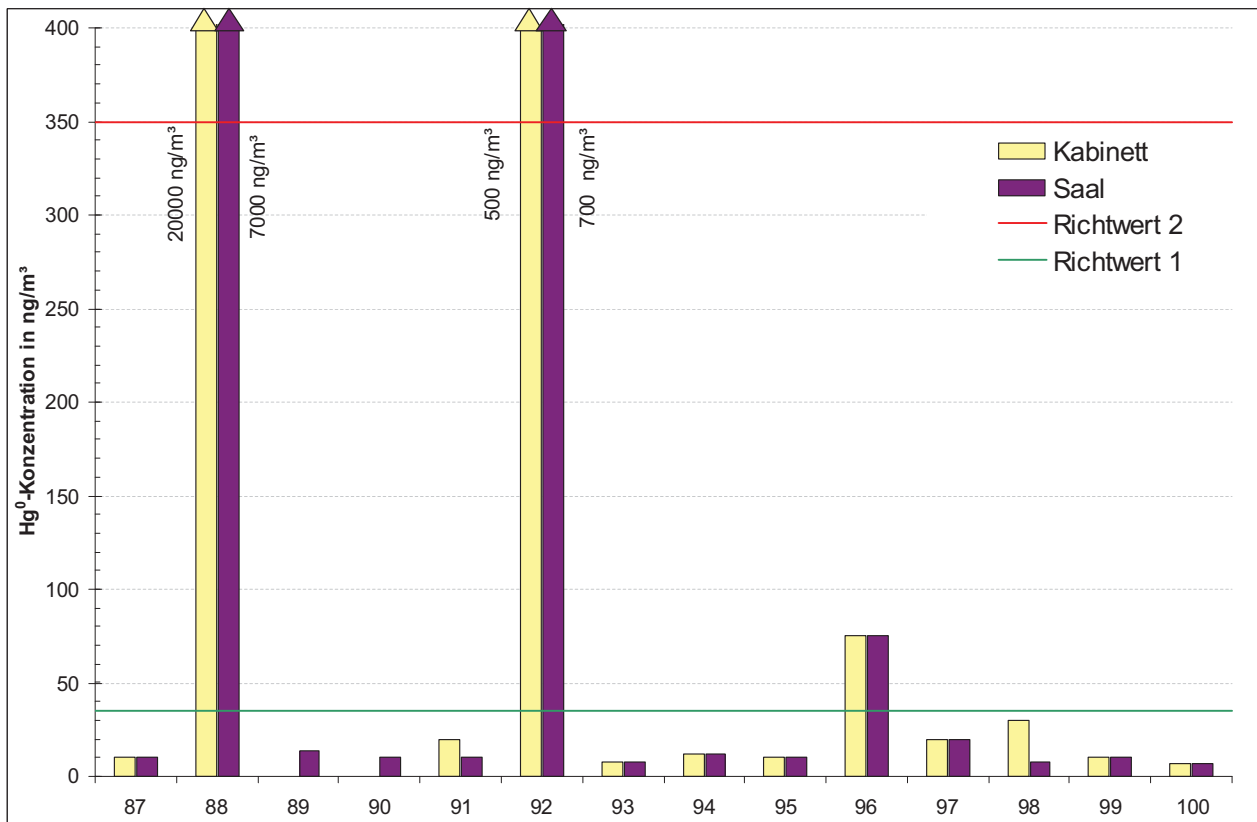
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
77	7 ng/m ³	7 ng/m ³	82	4 ng/m ³	4 ng/m ³
78	5 ng/m ³	5 ng/m ³	83	4 ng/m ³	4 ng/m ³
79	3 ng/m ³	3 ng/m ³	84	2 ng/m ³	2 ng/m ³
80	20 ng/m ³	20 ng/m ³	85	22 ng/m ³	
81	7 ng/m ³	7 ng/m ³	86	30 ng/m ³	30 ng/m ³



4.2.5 Bezirk Grieskirchen

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	14	12		
< 10 ng/m ³	3	2	21 %	17 %
10 - 35 ng/m ³	8	7	57 %	58 %
36 - 100 ng/m ³	1	1	7 %	8 %
101 - 350 ng/m ³	-	-	-	-
351 - 1000 ng/m ³	1	1	7 %	8 %
> 1000 ng/m ³	1	1	7 %	8 %

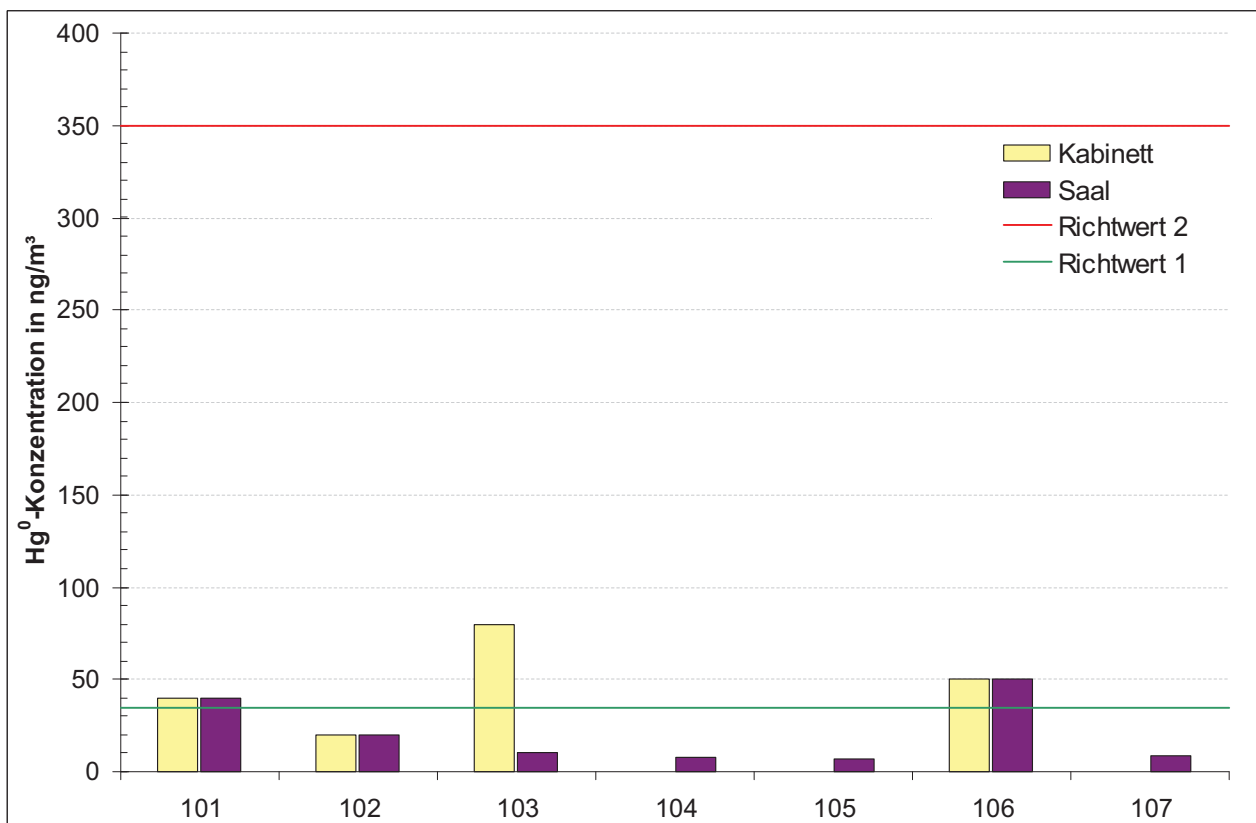
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
87	10 ng/m ³	10 ng/m ³	94	12 ng/m ³	12 ng/m ³
88	7000 ng/m ³	20000 ng/m ³	95	10 ng/m ³	10 ng/m ³
89	14 ng/m ³		96	75 ng/m ³	75 ng/m ³
90	10 ng/m ³		97	20 ng/m ³	20 ng/m ³
91	10 ng/m ³	20 ng/m ³	98	8 ng/m ³	30 ng/m ³
92	700 ng/m ³	500 ng/m ³	99	10 ng/m ³	10 ng/m ³
93	8 ng/m ³	8 ng/m ³	100	7 ng/m ³	7 ng/m ³



4.2.6 Bezirk Eferding

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	7	4		
< 10 ng/m ³	3	-	43 %	-
10 - 35 ng/m ³	2	1	29 %	25 %
36 - 100 ng/m ³	2	3	29 %	75 %
101 - 350 ng/m ³	-	-	-	-
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
101	40 ng/m ³	40 ng/m ³	105	7 ng/m ³	
102	20 ng/m ³	20 ng/m ³	106	50 ng/m ³	50 ng/m ³
103	10 ng/m ³	80 ng/m ³	107	9 ng/m ³	
104	8 ng/m ³				

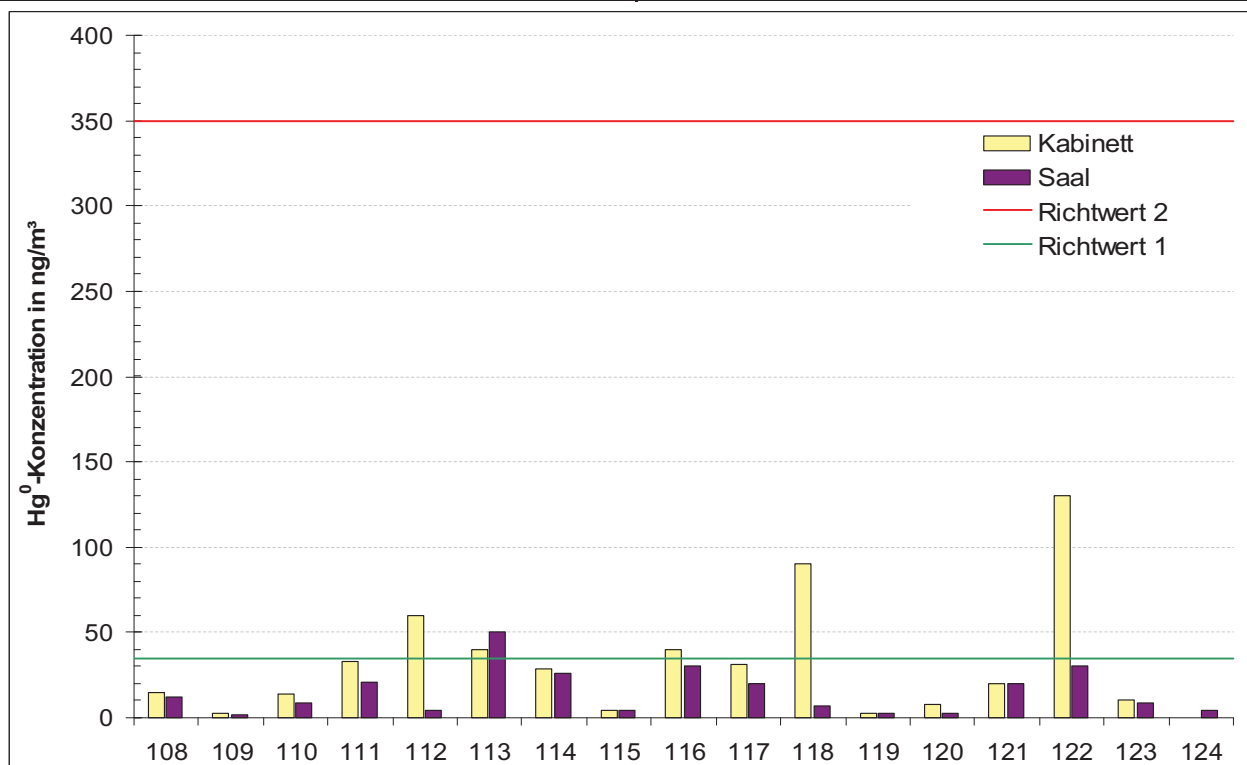




4.2.7 Bezirk Rohrbach

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	17	16		
< 10 ng/m ³	9	4	53 %	25 %
10 - 35 ng/m ³	7	7	41 %	44 %
36 - 100 ng/m ³	1	4	6 %	25 %
101 - 350 ng/m ³	-	1	-	6 %
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

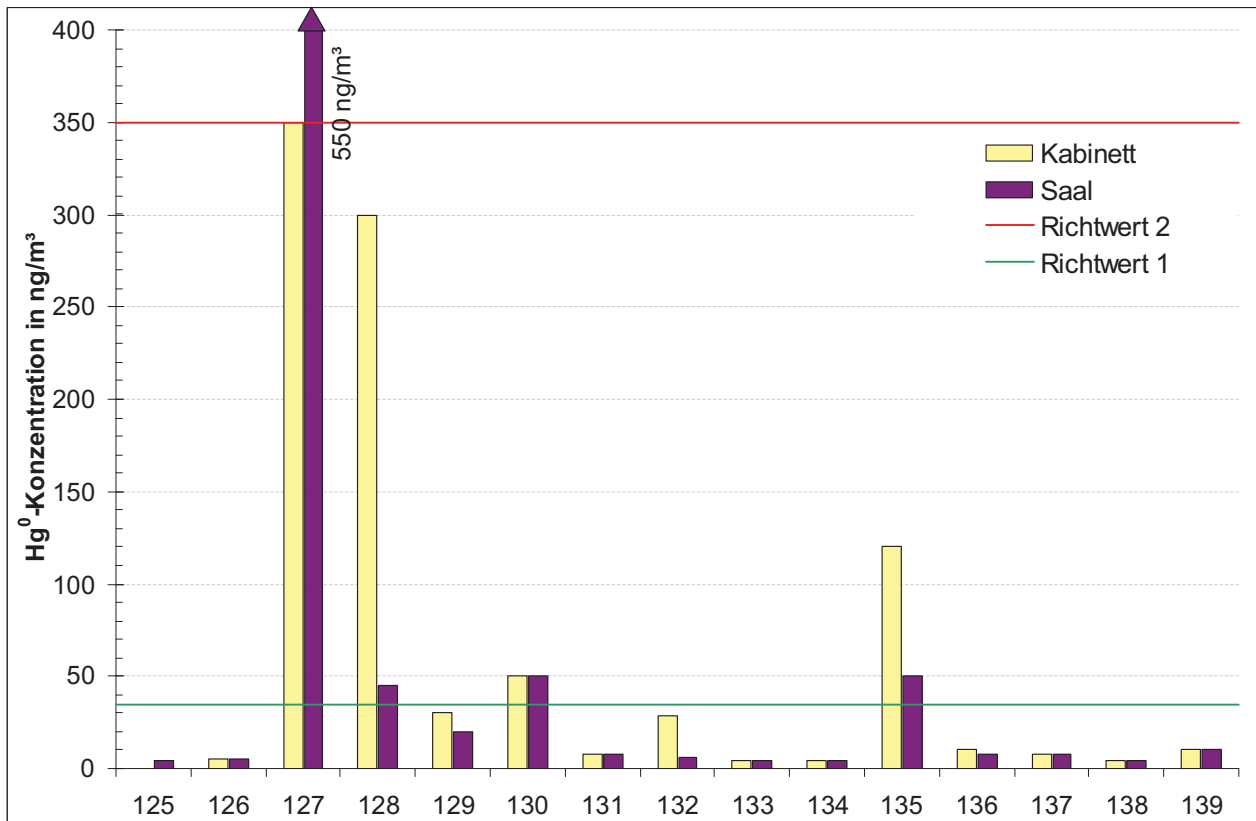
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
108	12 ng/m ³	15 ng/m ³	117	20 ng/m ³	31 ng/m ³
109	2 ng/m ³	3 ng/m ³	118	7 ng/m ³	90 ng/m ³
110	9 ng/m ³	14 ng/m ³	119	3 ng/m ³	3 ng/m ³
111	21 ng/m ³	33 ng/m ³	120	3 ng/m ³	8 ng/m ³
112	4 ng/m ³	60 ng/m ³	121	20 ng/m ³	20 ng/m ³
113	50 ng/m ³	40 ng/m ³	122	30 ng/m ³	130 ng/m ³
114	26 ng/m ³	29 ng/m ³	123	9 ng/m ³	10 ng/m ³
115	4 ng/m ³	4 ng/m ³	124	4 ng/m ³	
116	30 ng/m ³	40 ng/m ³			



4.2.8 Bezirk Urfahr – Umgebung

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	15	14		
< 10 ng/m ³	9	6	60 %	43 %
10 - 35 ng/m ³	2	4	13 %	29 %
36 - 100 ng/m ³	3	1	20 %	-
101 - 350 ng/m ³	-	3	-	21 %
351 - 1000 ng/m ³	1	-	7 %	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

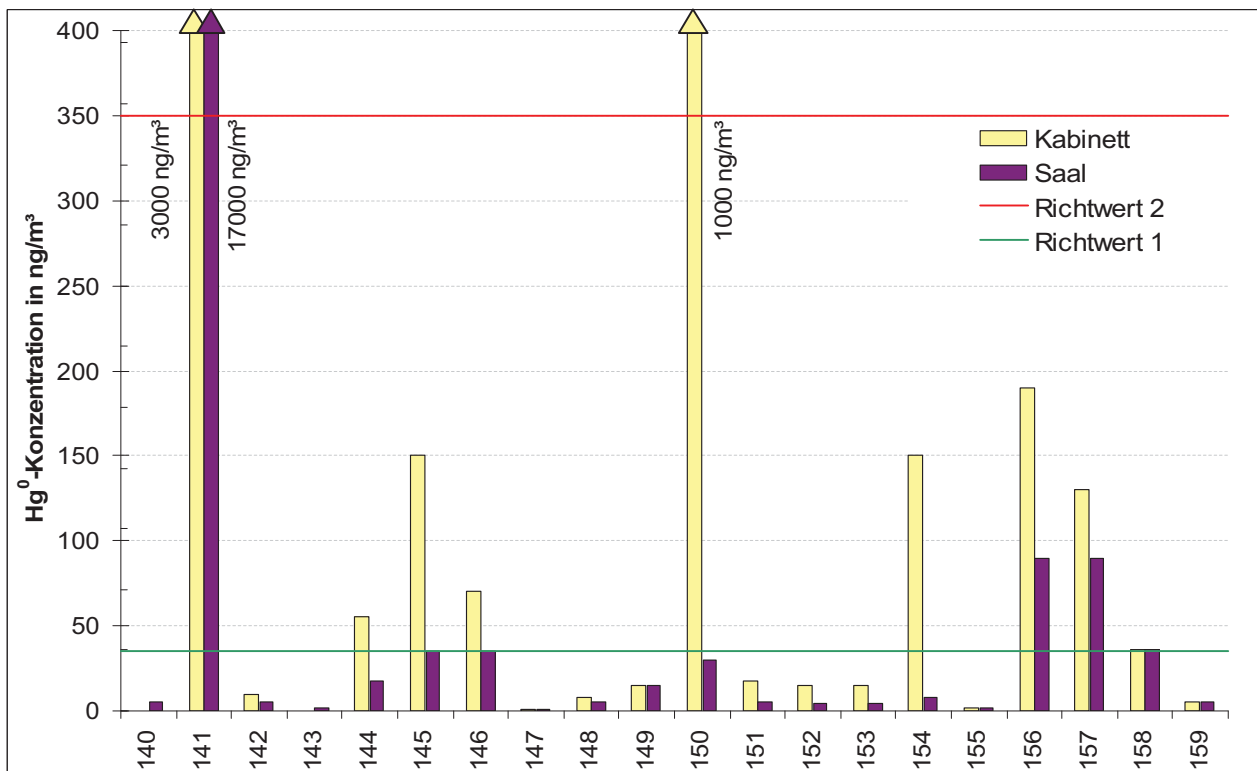
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
125	4 ng/m ³		133	4 ng/m ³	4 ng/m ³
126	5 ng/m ³	5 ng/m ³	134	4 ng/m ³	4 ng/m ³
127	550 ng/m ³	350 ng/m ³	135	50 ng/m ³	120 ng/m ³
128	45 ng/m ³	300 ng/m ³	136	8 ng/m ³	10 ng/m ³
129	20 ng/m ³	30 ng/m ³	137	8 ng/m ³	8 ng/m ³
130	50 ng/m ³	50 ng/m ³	138	4 ng/m ³	4 ng/m ³
131	8 ng/m ³	8 ng/m ³	139	10 ng/m ³	10 ng/m ³
132	6 ng/m ³	29 ng/m ³			



4.2.9 Bezirk Freistadt

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	20	18		
< 10 ng/m ³	11	4	55 %	22 %
10 - 35 ng/m ³	5	5	25 %	28 %
36 - 100 ng/m ³	3	3	15 %	17 %
101 - 350 ng/m ³	-	4	-	22 %
351 - 1000 ng/m ³	-	1	-	6 %
> 1000 ng/m ³	1	1	5 %	6 %

Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
140	5 ng/m ³		150	30 ng/m ³	1000 ng/m ³
141	17000 ng/m ³	3000 ng/m ³	151	5 ng/m ³	18 ng/m ³
142	5 ng/m ³	10 ng/m ³	152	4 ng/m ³	15 ng/m ³
143	2 ng/m ³		153	4 ng/m ³	15 ng/m ³
144	18 ng/m ³	55 ng/m ³	154	8 ng/m ³	150 ng/m ³
145	35 ng/m ³	150 ng/m ³	155	2 ng/m ³	2 ng/m ³
146	35 ng/m ³	70 ng/m ³	156	90 ng/m ³	190 ng/m ³
147	1 ng/m ³	1 ng/m ³	157	90 ng/m ³	130 ng/m ³
148	5 ng/m ³	8 ng/m ³	158	36 ng/m ³	36 ng/m ³
149	15 ng/m ³	15 ng/m ³	159	5 ng/m ³	5 ng/m ³

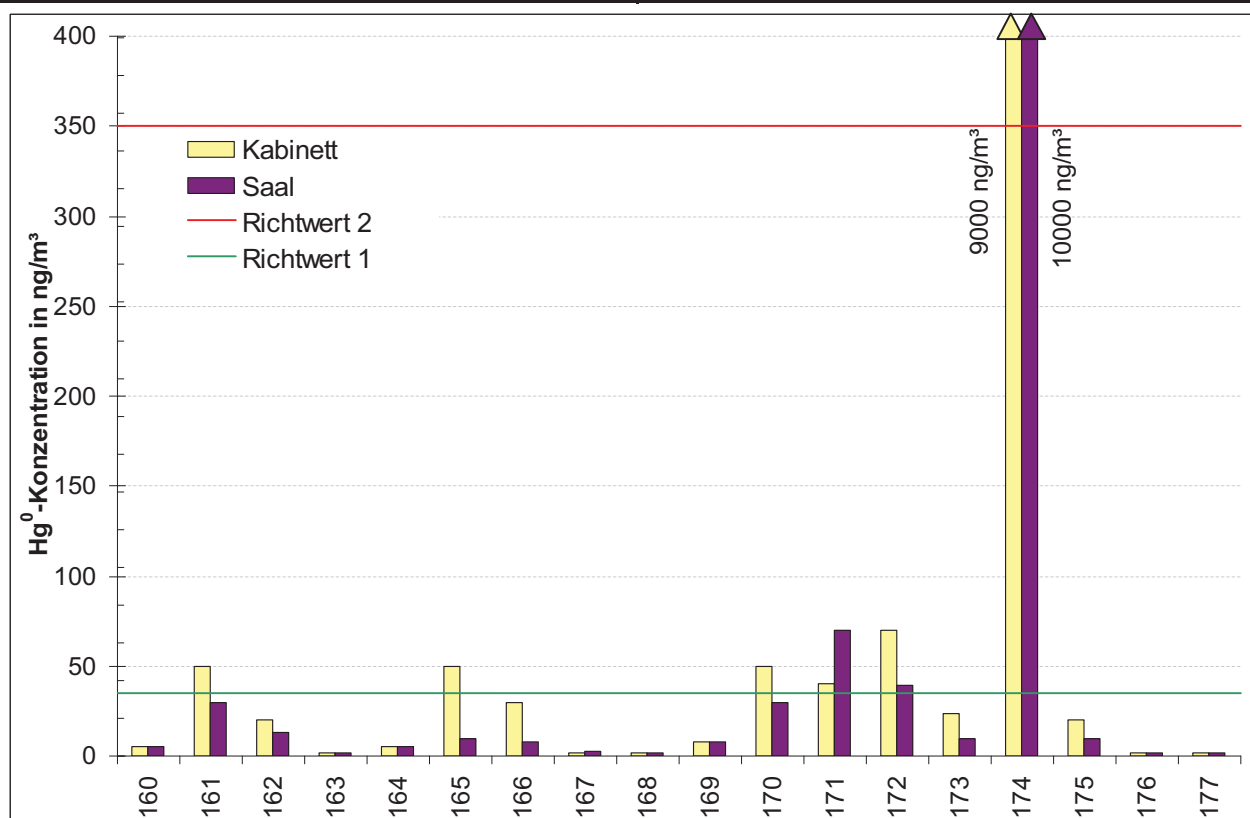




4.2.10 Bezirk Perg

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	18	18		
< 10 ng/m ³	9	8	50 %	44 %
10 - 35 ng/m ³	6	4	33 %	22 %
36 - 100 ng/m ³	2	5	11 %	28 %
101 - 350 ng/m ³	-	-	-	-
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	1	1	6 %	6 %

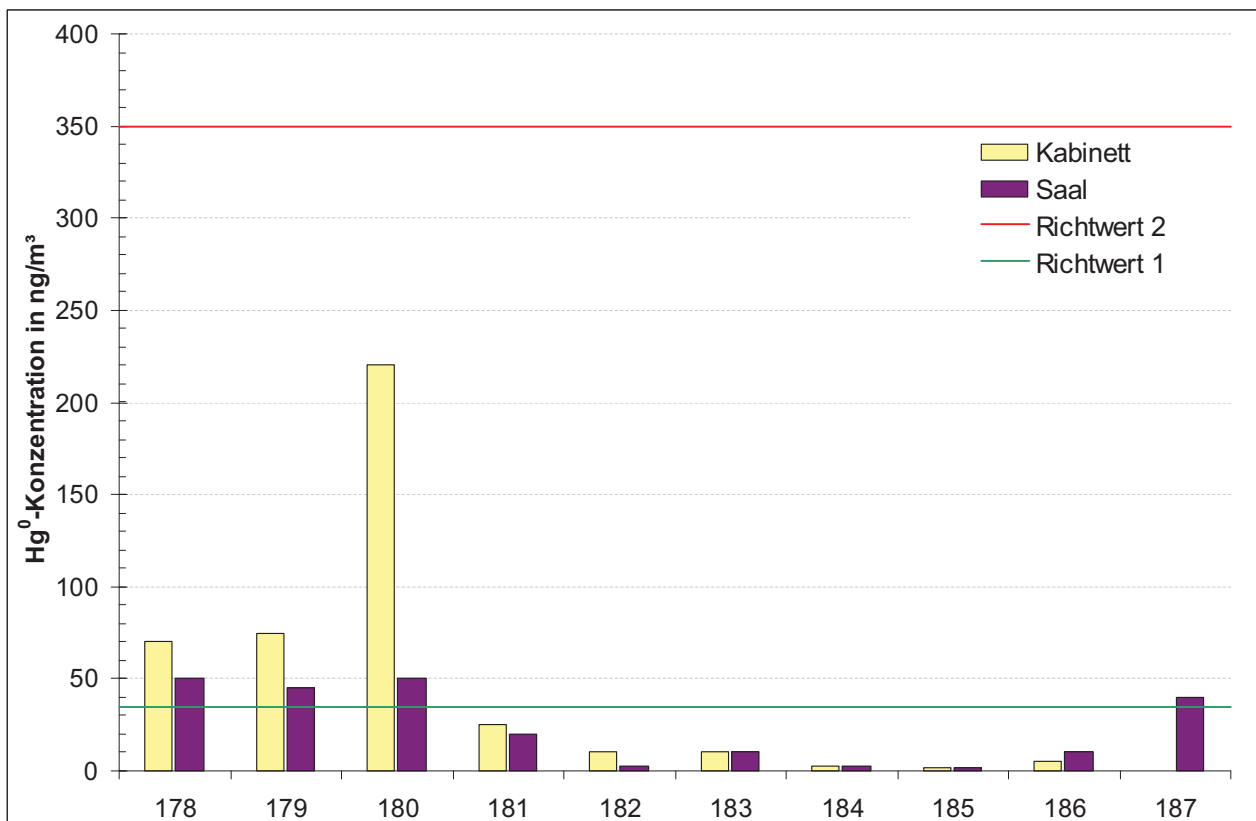
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
160	5 ng/m ³	5 ng/m ³	169	8 ng/m ³	8 ng/m ³
161	30 ng/m ³	50 ng/m ³	170	30 ng/m ³	50 ng/m ³
162	13 ng/m ³	20 ng/m ³	171	70 ng/m ³	40 ng/m ³
163	2 ng/m ³	2 ng/m ³	172	39 ng/m ³	70 ng/m ³
164	5 ng/m ³	5 ng/m ³	173	10 ng/m ³	24 ng/m ³
165	10 ng/m ³	50 ng/m ³	174	10000 ng/m ³	9000 ng/m ³
166	8 ng/m ³	30 ng/m ³	175	10 ng/m ³	20 ng/m ³
167	3 ng/m ³	2 ng/m ³	176	2 ng/m ³	2 ng/m ³
168	2 ng/m ³	2 ng/m ³	177	2 ng/m ³	2 ng/m ³



4.2.11 Bezirk Steyr – Stadt

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	10	9		
< 10 ng/m ³	3	3	30 %	33 %
10 - 35 ng/m ³	3	3	30 %	33 %
36 - 100 ng/m ³	4	2	40 %	22 %
101 - 350 ng/m ³	-	1	-	11 %
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

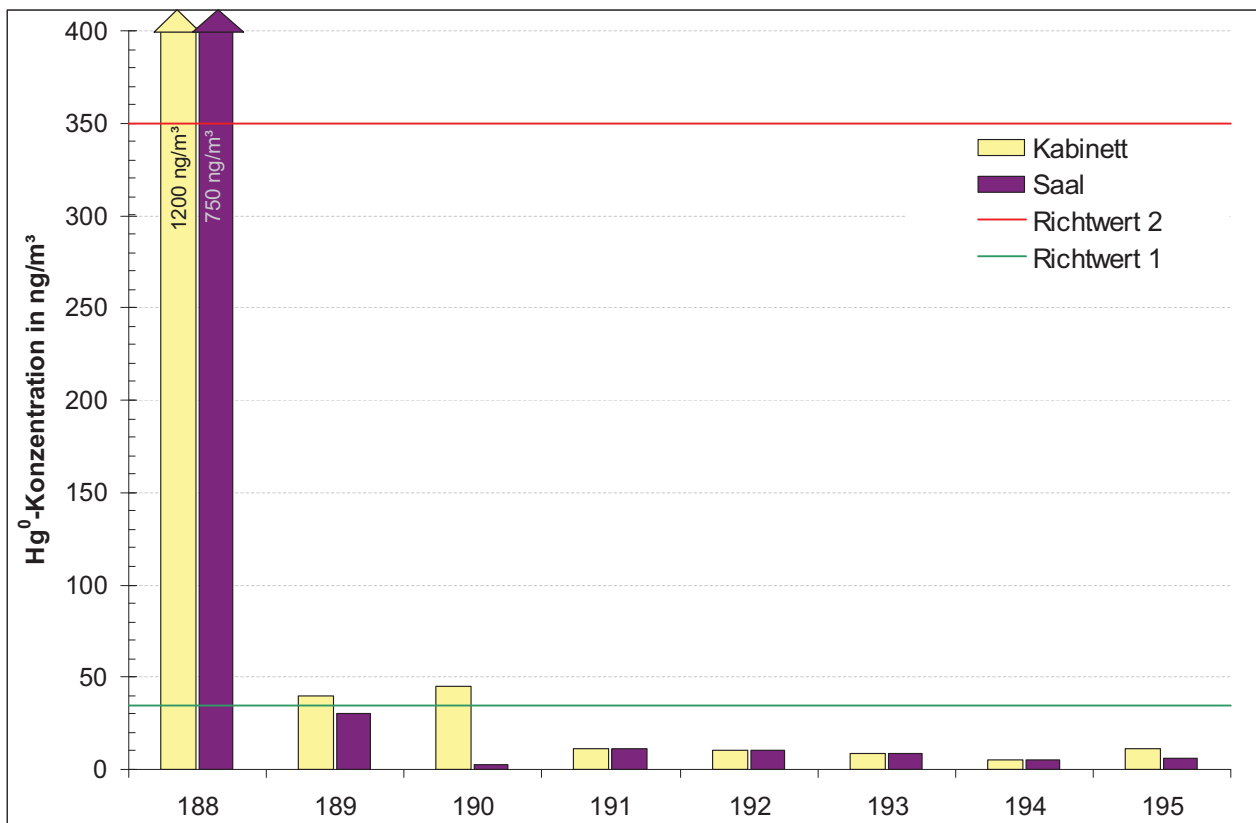
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
178	50 ng/m ³	70 ng/m ³	183	10 ng/m ³	10 ng/m ³
179	45 ng/m ³	75 ng/m ³	184	3 ng/m ³	3 ng/m ³
180	50 ng/m ³	220 ng/m ³	185	2 ng/m ³	2 ng/m ³
181	20 ng/m ³	25 ng/m ³	186	10 ng/m ³	5 ng/m ³
182	3 ng/m ³	10 ng/m ³	187	40 ng/m ³	



4.2.12 Bezirk Steyr – Land

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	8	8		
< 10 ng/m ³	4	2	50 %	25 %
10 - 35 ng/m ³	3	3	38 %	38 %
36 - 100 ng/m ³	-	2	-	25 %
101 - 350 ng/m ³	-	-	-	-
351 - 1000 ng/m ³	1	-	13 %	-
> 1000 ng/m ³	-	1	-	13 %

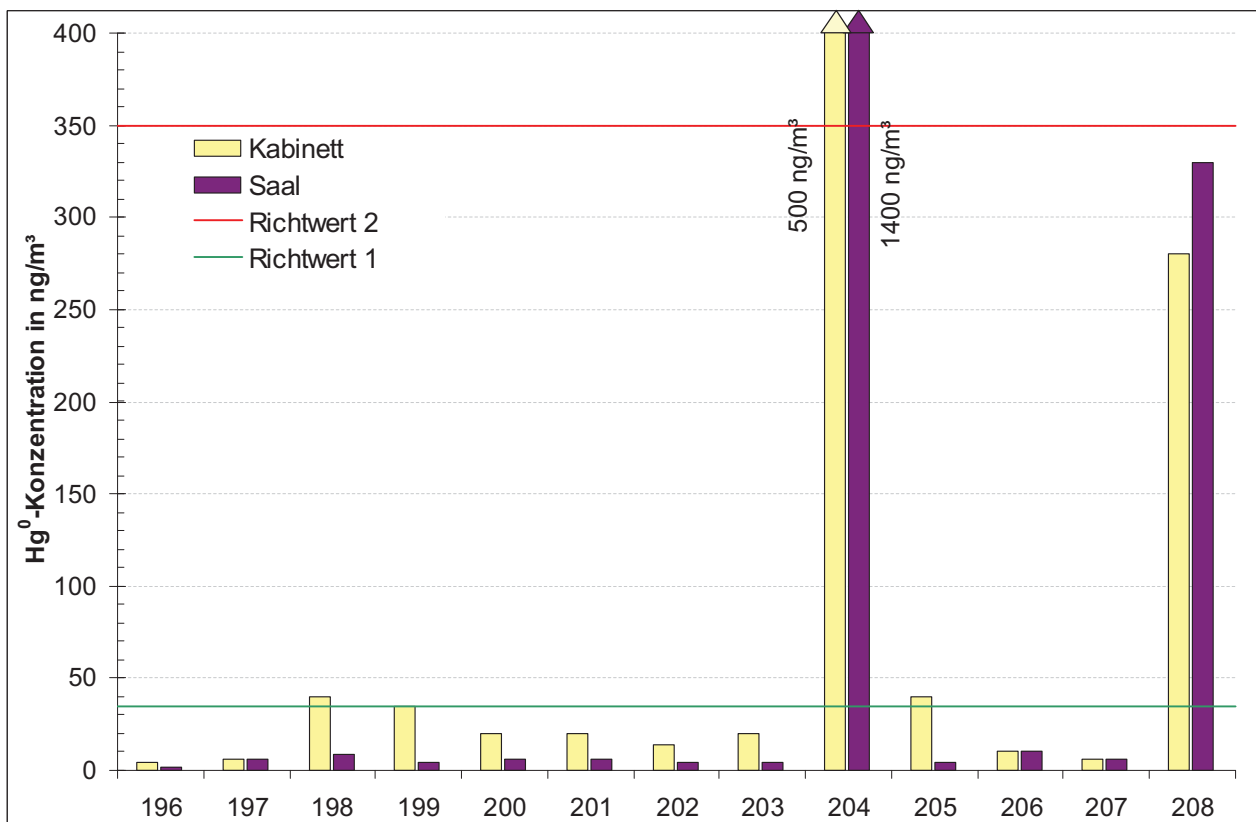
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
188	750 ng/m ³	1200 ng/m ³	192	10 ng/m ³	10 ng/m ³
189	30 ng/m ³	40 ng/m ³	193	9 ng/m ³	9 ng/m ³
190	3 ng/m ³	45 ng/m ³	194	5 ng/m ³	5 ng/m ³
191	11 ng/m ³	11 ng/m ³	195	6 ng/m ³	11 ng/m ³



4.2.13 Bezirk Kirchdorf an der Krems

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	13	13		
< 10 ng/m ³	10	3	77 %	23 %
10 - 35 ng/m ³	1	6	8 %	46 %
36 - 100 ng/m ³	-	2	-	15 %
101 - 350 ng/m ³	1	1	8 %	8 %
351 - 1000 ng/m ³	1	-	8 %	-
> 1000 ng/m ³	-	1	-	8 %

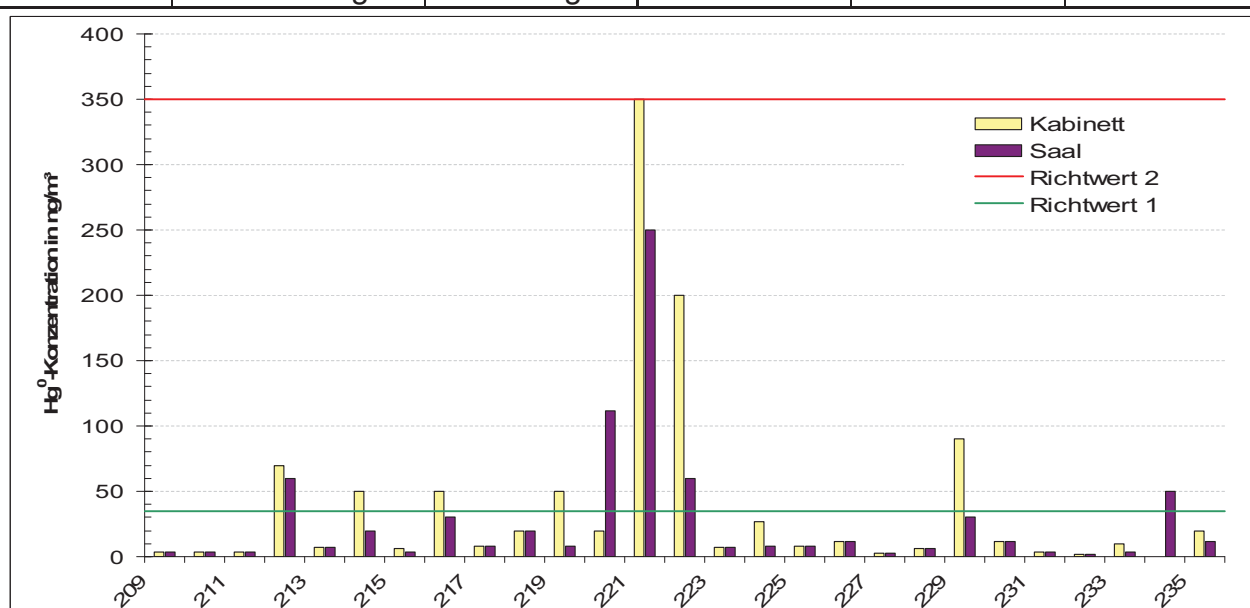
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
196	2 ng/m ³	4 ng/m ³	203	4 ng/m ³	20 ng/m ³
197	6 ng/m ³	6 ng/m ³	204	500 ng/m ³	1400 ng/m ³
198	9 ng/m ³	40 ng/m ³	205	4 ng/m ³	40 ng/m ³
199	4 ng/m ³	35 ng/m ³	206	10 ng/m ³	10 ng/m ³
200	6 ng/m ³	20 ng/m ³	207	6 ng/m ³	6 ng/m ³
201	6 ng/m ³	20 ng/m ³	208	330 ng/m ³	280 ng/m ³
202	4 ng/m ³	14 ng/m ³			



4.2.14 Bezirk Gmunden

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	27	26		
< 10 ng/m ³	15	12	56 %	46 %
10 - 35 ng/m ³	7	7	26 %	27 %
36 - 100 ng/m ³	3	5	11 %	19 %
101 - 350 ng/m ³	2	2	7 %	8 %
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

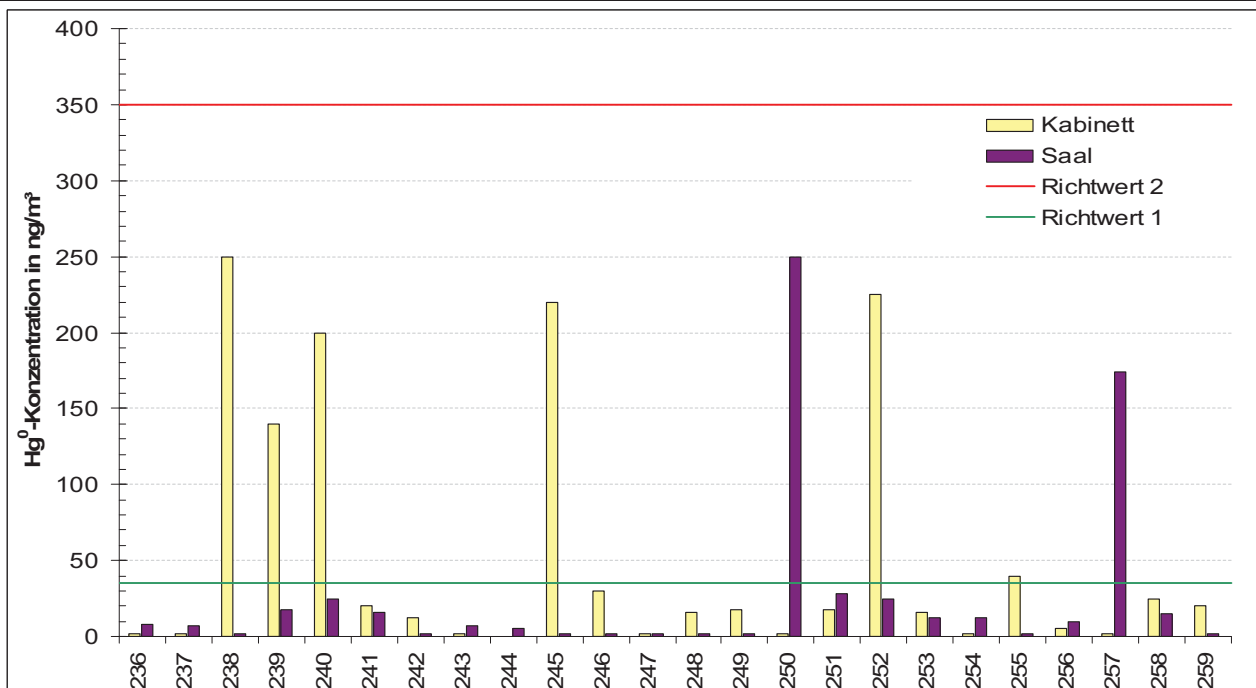
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
209	4 ng/m ³	4 ng/m ³	223	7 ng/m ³	7 ng/m ³
210	4 ng/m ³	4 ng/m ³	224	8 ng/m ³	27 ng/m ³
211	4 ng/m ³	4 ng/m ³	225	8 ng/m ³	8 ng/m ³
212	60 ng/m ³	70 ng/m ³	226	12 ng/m ³	12 ng/m ³
213	7 ng/m ³	7 ng/m ³	227	3 ng/m ³	3 ng/m ³
214	20 ng/m ³	50 ng/m ³	228	6 ng/m ³	6 ng/m ³
215	4 ng/m ³	6 ng/m ³	229	30 ng/m ³	90 ng/m ³
216	30 ng/m ³	50 ng/m ³	230	12 ng/m ³	12 ng/m ³
217	8 ng/m ³	8 ng/m ³	231	4 ng/m ³	4 ng/m ³
218	20 ng/m ³	20 ng/m ³	232	2 ng/m ³	2 ng/m ³
219	8 ng/m ³	50 ng/m ³	233	4 ng/m ³	10 ng/m ³
220	112 ng/m ³	20 ng/m ³	234	50 ng/m ³	
221	250 ng/m ³	350 ng/m ³	235	12 ng/m ³	20 ng/m ³
222	60 ng/m ³	200 ng/m ³			



4.2.15 Bezirk Vöcklabruck

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	24	23		
< 10 ng/m ³	13	8	54 %	35 %
10 - 35 ng/m ³	9	9	38 %	39 %
36 - 100 ng/m ³	-	1	-	4 %
101 - 350 ng/m ³	2	5	8 %	22 %
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

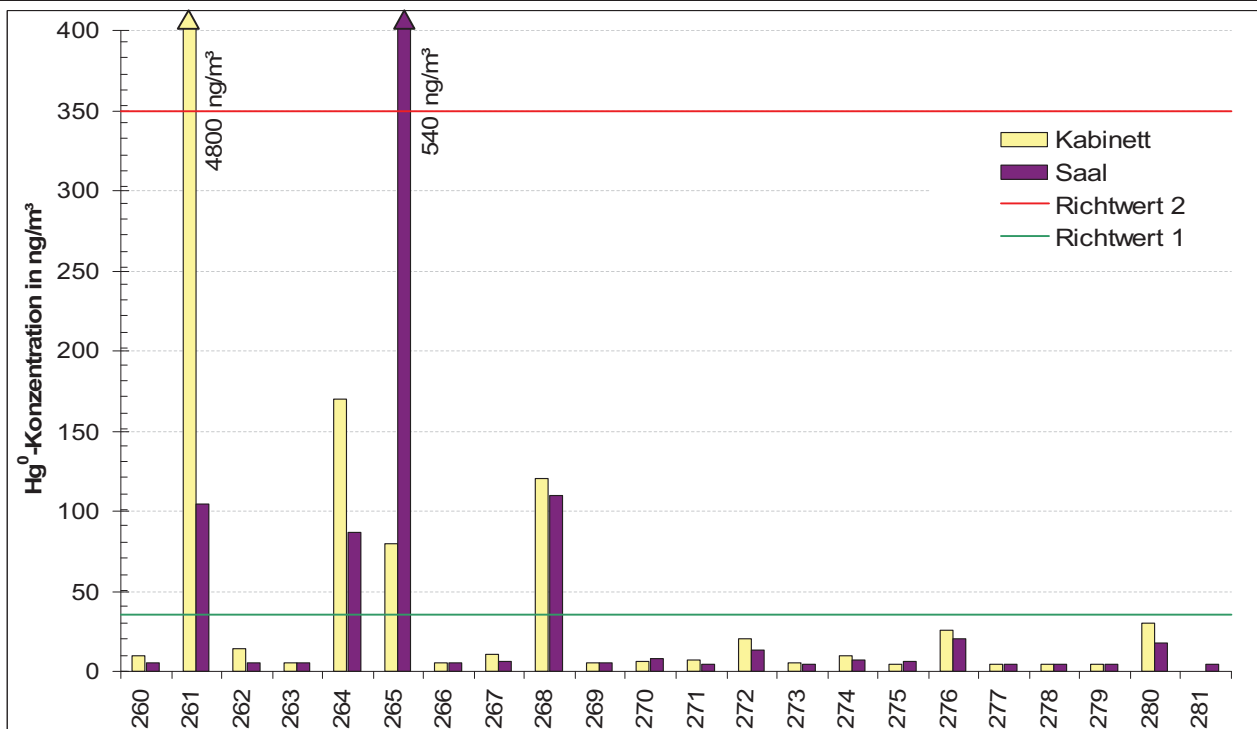
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
236	8 ng/m ³	16 ng/m ³	248	2 ng/m ³	2 ng/m ³
237	7 ng/m ³	18 ng/m ³	249	2 ng/m ³	2 ng/m ³
238	2 ng/m ³	2 ng/m ³	250	250 ng/m ³	250 ng/m ³
239	18 ng/m ³	18 ng/m ³	251	28 ng/m ³	140 ng/m ³
240	25 ng/m ³	225 ng/m ³	252	25 ng/m ³	200 ng/m ³
241	16 ng/m ³	16 ng/m ³	253	12 ng/m ³	20 ng/m ³
242	2 ng/m ³	2 ng/m ³	254	12 ng/m ³	12 ng/m ³
243	7 ng/m ³	40 ng/m ³	255	2 ng/m ³	2 ng/m ³
244	5 ng/m ³	5 ng/m ³	256	10 ng/m ³	
245	2 ng/m ³	2 ng/m ³	257	174 ng/m ³	220 ng/m ³
246	2 ng/m ³	25 ng/m ³	258	15 ng/m ³	30 ng/m ³
247	2 ng/m ³	20 ng/m ³	259	2 ng/m ³	2 ng/m ³



4.2.16 Bezirk Braunau am Inn

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	22	21		
< 10 ng/m ³	15	10	68 %	48 %
10 - 35 ng/m ³	3	7	14 %	33 %
36 - 100 ng/m ³	1	1	5 %	5 %
101 - 350 ng/m ³	2	2	9 %	10 %
351 - 1000 ng/m ³	1	-	5 %	-
> 1000 ng/m ³	-	1	-	5 %

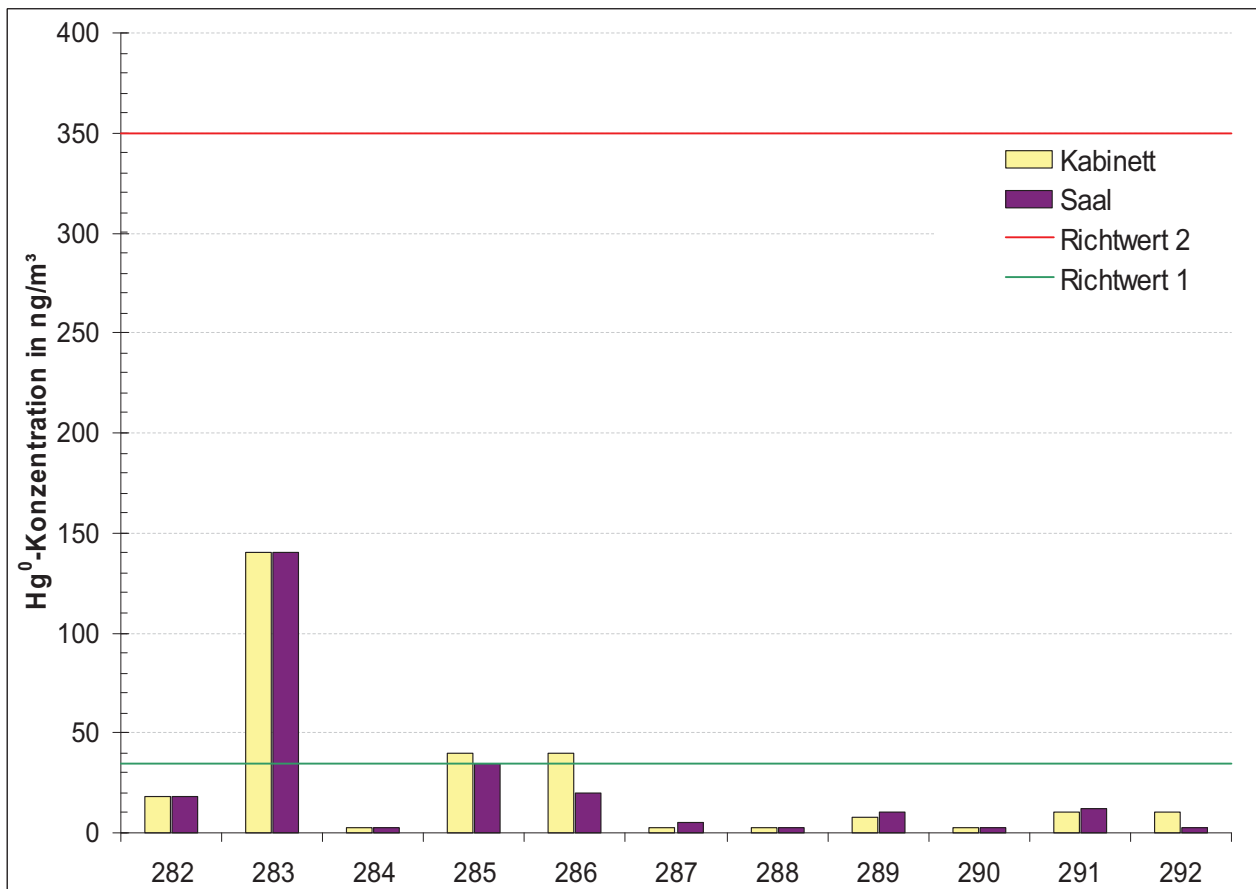
Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
260	5 ng/m ³	10 ng/m ³	271	4 ng/m ³	7 ng/m ³
261	104 ng/m ³	4800 ng/m ³	272	13 ng/m ³	20 ng/m ³
262	5 ng/m ³	14 ng/m ³	273	4 ng/m ³	5 ng/m ³
263	5 ng/m ³	5 ng/m ³	274	7 ng/m ³	10 ng/m ³
264	87 ng/m ³	170 ng/m ³	275	6 ng/m ³	4 ng/m ³
265	540 ng/m ³	80 ng/m ³	276	20 ng/m ³	26 ng/m ³
266	5 ng/m ³	5 ng/m ³	277	4 ng/m ³	4 ng/m ³
267	6 ng/m ³	11 ng/m ³	278	4 ng/m ³	4 ng/m ³
268	110 ng/m ³	120 ng/m ³	279	4 ng/m ³	4 ng/m ³
269	5 ng/m ³	5 ng/m ³	280	18 ng/m ³	30 ng/m ³
270	8 ng/m ³	6 ng/m ³	281	4 ng/m ³	



4.2.17 Bezirk Schärding

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	11	11		
< 10 ng/m ³	5	5	45 %	45 %
10 - 35 ng/m ³	5	3	45 %	27 %
36 - 100 ng/m ³	-	2	-	18 %
101 - 350 ng/m ³	1	1	9 %	9 %
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
282	18 ng/m ³	18 ng/m ³	288	3 ng/m ³	3 ng/m ³
283	140 ng/m ³	140 ng/m ³	289	10 ng/m ³	8 ng/m ³
284	3 ng/m ³	3 ng/m ³	290	3 ng/m ³	3 ng/m ³
285	35 ng/m ³	40 ng/m ³	291	12 ng/m ³	10 ng/m ³
286	20 ng/m ³	40 ng/m ³	292	3 ng/m ³	10 ng/m ³
287	5 ng/m ³	3 ng/m ³			

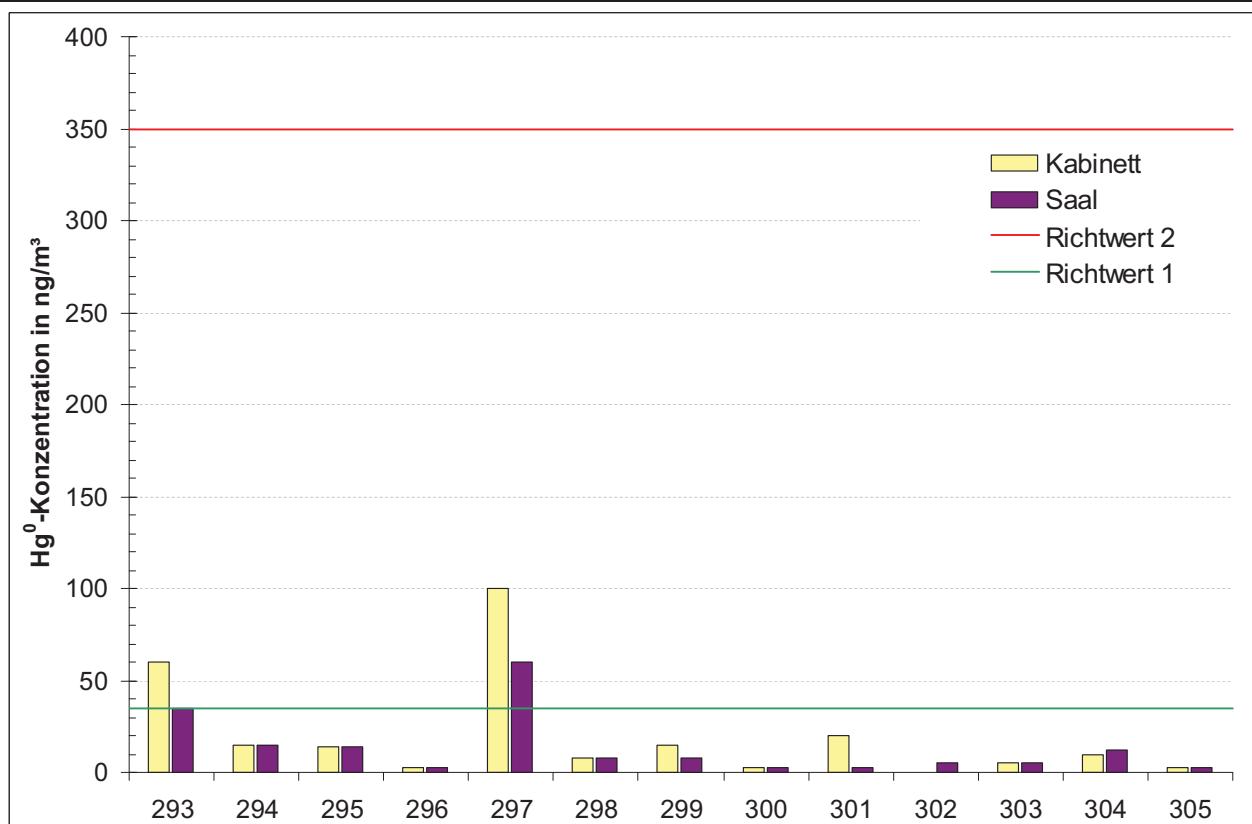




4.2.18 Bezirk Ried im Innkreis

	Saal	Kabinett	Saal %	Kabinett %
gesamt	13	12		
< 10 ng/m ³	8	5	62 %	42 %
10 - 35 ng/m ³	4	5	31 %	42 %
36 - 100 ng/m ³	1	2	8 %	17 %
101 - 350 ng/m ³	-	-	-	-
351 - 1000 ng/m ³	-	-	-	-
> 1000 ng/m ³	-	-	-	-

Schule	Saal	Kabinett	Schule	Saal	Kabinett
293	35 ng/m ³	60 ng/m ³	300	3 ng/m ³	3 ng/m ³
294	15 ng/m ³	15 ng/m ³	301	3 ng/m ³	20 ng/m ³
295	14 ng/m ³	14 ng/m ³	302	5 ng/m ³	
296	3 ng/m ³	3 ng/m ³	303	5 ng/m ³	5 ng/m ³
297	60 ng/m ³	100 ng/m ³	304	12 ng/m ³	10 ng/m ³
298	8 ng/m ³	8 ng/m ³	305	3 ng/m ³	3 ng/m ³
299	8 ng/m ³	15 ng/m ³			



5 Was ist zu tun wenn Quecksilber verschüttet wird?

Diese Anleitung gilt nur für kleinere Mengen verschüttetes Quecksilber, z.B. ein zerbrochenes Thermometer.

Bei größerer Menge sofort den Raum verlassen und die Türe schließen. Die Reinigung des kontaminierten Raumes sollte von Fachpersonal durchgeführt werden, da es ohne Schutzkleidung zu akuten Vergiftungen kommen kann.

Schritt 1: Kontakt mit dem Quecksilber vermeiden



- Lüften! Sofort alle Fenster öffnen.
- Handschuhe verwenden!
- Plastiksäcke über die Schuhe stülpen! Auch auf den Schuhsohlen kann Quecksilber anhaften.

Schritt 2: Großflächiges Absichern des kontaminierten Bereiches



- Nicht über den Quecksilber verseuchten Bodenbereich laufen!
- Darauf achten, dass niemand die kontaminierte Stelle betritt und dabei Material verschleppt (absperren, Stelle kennzeichnen).

Schritt 3: Soweit wie möglich, Quecksilberkugeln einsammeln



- Quecksilberkugeln vorsichtig mit einem festen Blatt Papier zusammenschieben oder mit einem Pinsel zusammenkehren und in einen verschließbaren Behälter geben.
- Die Aufnahme von Quecksilberkugeln kann auch mit einem Zinkblech (mit Salzsäure angeätzt) erfolgen.
- Wenn vorhanden, Quecksilber mit speziellen Quecksilberabsorbentien (z.B. Mercurisorb) bedecken und Anwendungsvorschriften beachten.



- **NICHT MIT DEM STAUBSAUGER ENTFERNEN!**

Durch die Staubsaugerabluft verbreitet sich das Quecksilber fein im gesamten Raum. Außerdem wird der Staubsauger dadurch so sehr kontaminiert, dass er nicht mehr verwendet werden kann ohne giftige Dämpfe abzugeben.

- Taschenlampe verwenden, um Quecksilber leichter sichtbar zu machen.

Schritt 4: Kontrolle



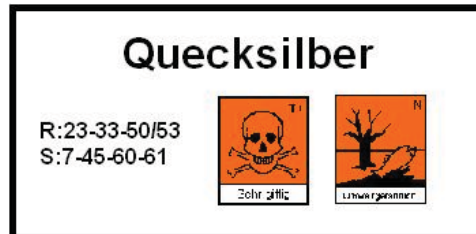
- Nochmals mit der Taschenlampe alle kontaminierten Stellen ableuchten. Vor allem unter Möbelstücken, Sesselleisten, Bodenfugen und sonstigen schwerzugänglichen Stellen gründlich kontrollieren.
- Ist Quecksilber in den Ausguss eines Waschbeckens gelangt, so ist der Siphon fachgerecht zu reinigen bzw. zu ersetzen.



- Bis zur vollständigen Entfernung des Quecksilbers darf der Raum nicht benützt werden.
- Nach Entfernen des Quecksilbers gründlich Hände waschen.
- Handschuhe, kontaminierte Kleidungsstücke und Schuhe sofort nach Verlassen des Raumes in einen verschließbaren Sack geben und in einen gut belüfteten Raum stellen um weitere Kontaminationen zu vermeiden.

Schritt 5: Entsorgung von gesammeltem Quecksilber

- Das Quecksilber wird in einen verschließbaren Behälter gegeben und ordnungsgemäß gekennzeichnet.



- Quecksilber nicht im Abguss oder Restmüll entsorgen!
- Quecksilber nur über Entsorgungsunternehmen bzw. Altstoffsammelzentren entsorgen!

Schritt 6: Was tun mit kontaminierten Gegenständen?



- Kleidung und sonstige verunreinigte Textilien am Besten entsorgen. Nicht in der Waschmaschine reinigen!
- Kontaminierte Schuhe sollten ebenfalls entsorgt werden!

Im Zweifelsfall kann eine Quecksilbermessung in der Raumluft angefordert werden.

Bei Fragen wenden Sie sich an:

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung Umweltschutz

4021 Linz • Goethestraße 86

Tel.: (+43 732) 77 20 -136 43,

Fax.: (+43 732) 77 20 -21 36 42,

E-Mail: us.post@ooe.gv.at

Vorgangsweise zur Reinigung von Räumen mit nachgewiesener, erhöhter Quecksilberdampfbelastung

Diese Vorgangsweise muss von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt bzw. überwacht werden. Ebenso müssen die Reinigungskräfte über die Gefahr und entsprechende Schutzmaßnahmen unterwiesen werden.

1.) Schutzausrüstung

- Handschuhe
- Schutz für die Schuhe
- Schutzanzug

2.) Zur Dekontamination können folgende Mittel eingesetzt werden:

- elektrostatisches Tuch
- spezielle Absorptionsmittel (z.B.: Mischung aus Natriumthiosulfat und EDTA)

Dieses Absorptionsmittel eignet sich hervorragend für die großflächige Dekontamination.

- Heizgerät

3.) Vorgangsweise

Da die Quecksilberdampfkonzentration stark temperaturabhängig ist, wird der Raum im Zweistundenintervall auf über 30 °C erhitzt und anschließend gut gelüftet. Diesen Vorgang über mehrere Tage wiederholen und regelmäßig die Quecksilberkonzentration der Luft überprüfen.

6 Resümee und Ausblick

Die Ergebnisse der durchgeführten Messungen zeigen, dass Quecksilber in Oberösterreichs Schulen eine unterschätzte Gefahrenquelle darstellen kann. Der sachgemäße Umgang durch das Lehrpersonal, die Lagerung bzw. die fachgerechte Entsorgung des Quecksilbers kann nicht immer gewährleistet werden. Durch Fehleinschätzung des Gefahrenpotentials kommt es – wie die Messergebnisse leider eindrucksvoll zeigen – auch zu konkreten Gesundheitsgefährdungen von Lehrpersonal und SchülerInnen. Zusätzlich verschärft wird diese Situation durch nicht vorhandene technische Ausrüstungen, so fehlen zum Teil Abzugsanlagen in Chemiesälen. Weiters wird durch die diskontinuierliche Benutzung der Chemie- und Physiksäle das Lüften der Räume vernachlässigt.

Was gilt es nun zu tun? Zum einen sollten Überlegungen angestellt werden, wie das fehlende Problembewusstsein in den Schulen wieder aufgebaut werden kann. Dies kann einerseits durch konkrete Info-Kampagnen in den Schulen wiederhergestellt werden, weiters sollte die Verwendung von Giften wie Quecksilber im Unterricht auf fachlich geschultes Lehrpersonal beschränkt werden. So haben z.B.: Lehrkräfte Zugang zu Giften, ohne die entsprechende Sachunterweisung absolviert zu haben.

Zum anderen sollte die Verwendung von Quecksilber im Unterricht stark eingeschränkt bzw. ganz vermieden werden. Sämtliche Quecksilberthermometer in den Schulen können durch Digital- oder Alkoholthermometer ersetzt werden.

Es ist an der Zeit, Quecksilber so weit wie möglich aus den Schulen unseres Landes zu entfernen.

Die Schule ist ein Spiegelbild unserer Gesellschaft. Die Unterschätzung der Gefahr, die von Quecksilber ausgeht, ist allgegenwärtig. Viele Produkte von denen wir es nie erwarten würden enthalten Quecksilber. Auf diesen Produkten ist keinerlei

Hinweis auf giftige Inhaltsstoffe zu finden. Beispielsweise der bereits erwähnte Elbow Shock Absorber, der als Therapiemittel bei einem Tennisarm eingesetzt wird. Der Abteilung Umweltschutz ist ein Fall bekannt, wo dieser Shock Absorber durch Herunterfallen von etwa 1,5 m Höhe beschädigt wurde und das Quecksilber mittels Staubsauger im gesamten Haus verbreitet wurde. Durch auftretende Vergiftungssymptome sind die Bewohner erst durch eine intensive Recherche darauf gestoßen, dass das Produkt Quecksilber enthält. Lediglich die Angabe "enthält Flüssigkeit mit hoher Dichte" wurde zur Produktkennzeichnung verwendet. Die Sanierungskosten musste die Familie selbst tragen.

Wie die Ergebnisse dieses Projektes zeigen, ist eine statistische Abschätzung durch strichprobenartige Untersuchungen nicht ausreichend. Um das Gefährdungspotential durch Quecksilber in Schulen zu minimieren wäre es sinnvoll, eine flächendeckende Überprüfung von Unterrichtsräumen auch in anderen Bundesländern durchzuführen.

Das Land Oberösterreich kann durch seine Vorreiterfunktion sowohl in der technischen Analysendurchführung als auch in der Vorortberatung Hilfestellung bieten.

7 Quellenverzeichnis und Fußnoten

¹ "Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder und Jugend" – Ergebnisse des Messprogramms zur Erhebung der Innenraumluftqualität, Land Oberösterreich Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik

² Der MAK-Wert ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, wodurch im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt wird. In der Regel wird der MAK-Wert als Durchschnittswert über Zeiträume bis zu einem Arbeitstag oder einer Arbeitsschicht integriert.

³ Richtwert I des Umweltbundesamtes (BRD) für Innenraumluft-Quecksilber, BGBl. 42(1999)

⁴ Richtwert II des Umweltbundesamtes (BRD) für Innenraumluft-Quecksilber, BGBl. 42(1999)

⁵ "Air quality guidelines for Europe", WHO 2008

⁶ In Anlehnung an das Übungsbeispiel "Quecksilberdämpfe" von Univ.-Prof. Dr. Ing. J. Stichlmair, Lehrstuhl für Fluidverfahrenstechnik in München, Stand 28.08.2007

⁷ Vgl. mit Römpp Lexikon Chemie, Version 2.0, Thieme

⁹ Stoffmonographie Quecksilber, Kommission "Human-Biomonitoring" des UBA Berlin, 1999

¹⁰ "Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame" Beitrag aus der Wochenschrift für praktische Ärzte (Nr.32/1209) von Prof. Dr. Alfred Stock

¹¹ Dissertation "Goldgewinnung als Ursache von chronischer Quecksilbervergiftung in Mount Diwata, Mindanao, Philippinen" von Stefan Maydl (Institut für Rechtsmedizin der Universität München, Augsburg 2004