



**IFA**

Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

**„ Bitte nicht zerbrechen ! “  
Leuchtmittel als Sondermüll**

4. Sankt Augustiner Expertentreff „Gefahrstoffe“  
Karl-Ernst Buchwald

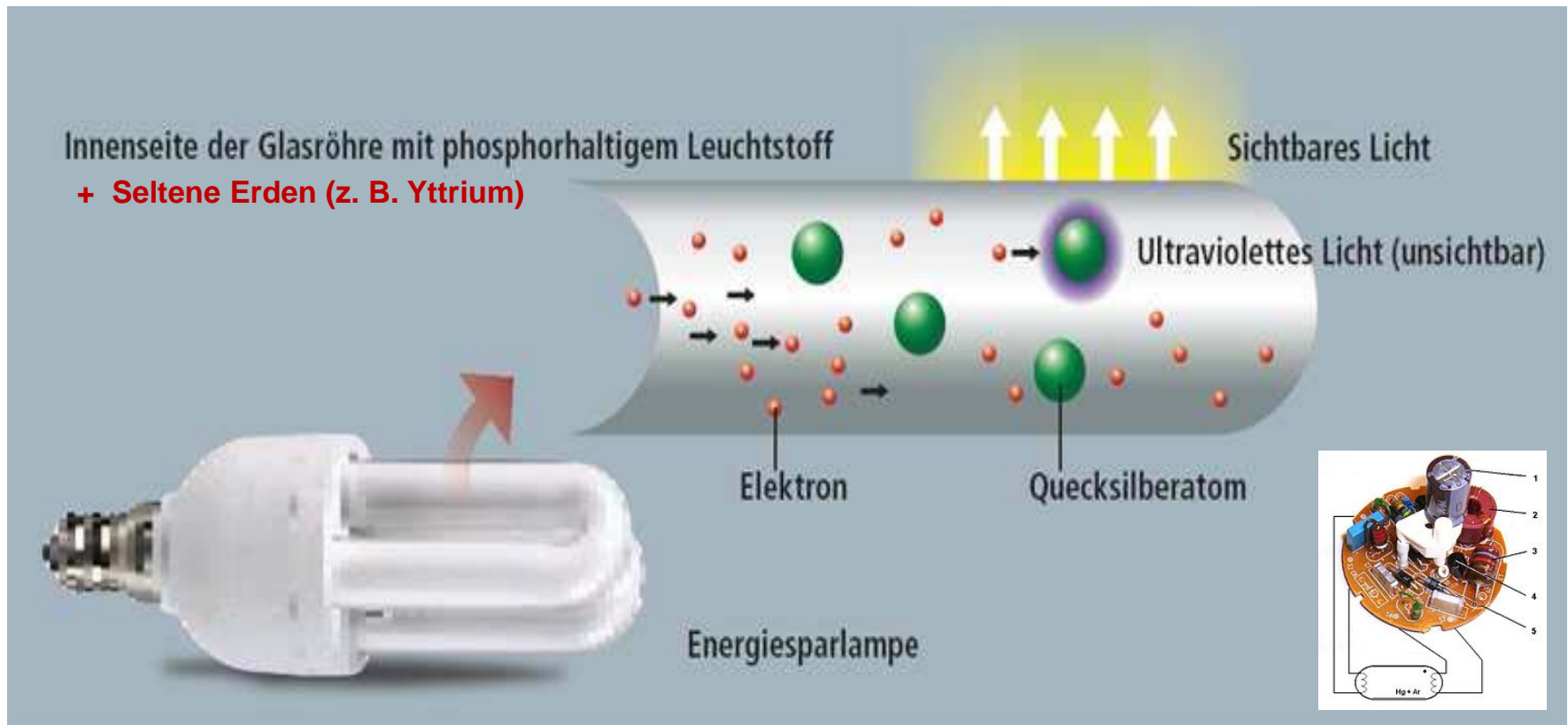
# Prüfkammer-Untersuchungen im Institut für Arbeitssicherheit (IFA)

- **Emissions- und Expositionsabschätzungen für Quecksilber** bei Tätigkeiten der **Sammlung** und **Entsorgung** von Leuchtmitteln und beim **Lampenwechsel** im Raum
- **Nachstellungen** mit **Sammelbehältern**, gefüllt mit Leuchtmitteln, aus kommunalen Entsorgungsbetrieben
- **Vergleichende** Untersuchungen beim Zerschneiden von **fabrikneuen** Leuchtmitteln gegenüber **Altlampen**
- Quecksilberemission beim Zerschneiden von **Kaltkathoden-Leuchtstoffröhren** aus **LCD-Flachbildschirmen**

# Prüfkammern im Institut für Arbeitsschutz (IFA)







# Funktionsweise von Leuchtmitteln als evakuierte Gasentladungsröhren



(Quelle: Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Energie, BFE Energiewissen)

# (Max.) Quecksilber in Leuchtmitteln in der EU

	Altlampen (mg Hg)	Neulampen (ab Januar 2013) (mg Hg)	
Kompaktleuchtstofflampen (KLL)	5	2,5 (bis 30 W)	
Standardleuchtstoffröhren (LStR)	15	7	
Kaltkathodenleuchtröhrchen aus LCD-Flachbildschirmen		0,03	
Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampen	100	30 (Verbot ab 2015)	
(Im Vergleich: alte Fieberthermometer bis zu 3000 mg Quecksilber)			

# Untersuchungsbedingungen (Prüfkammer)

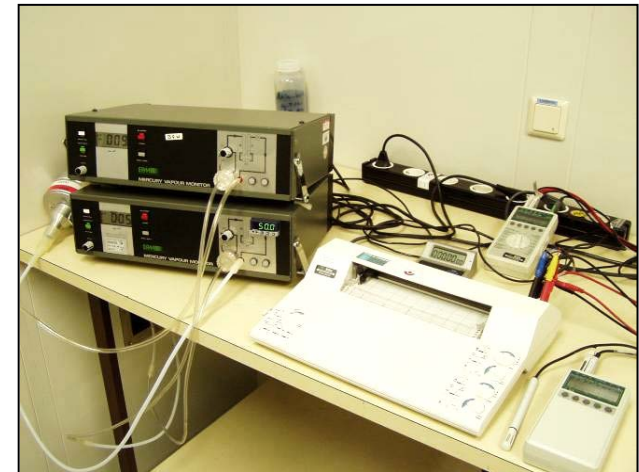
Raumgröße: 42 m<sup>3</sup>      Luftwechsel: ca. 1 x pro h (bis 15 x)  
rel. Feuchte: 35 % bis 60 %      Raumtemperatur: 21°C bis 23 °C

## Direktanzeigende Hg- Messgeräte

Prinzip: Atomabsorptionsfotometrie (UV)

Messbereich: 0 bis 2000 µg/m<sup>3</sup>

Bestimmungsgrenze: 2 µg/m<sup>3</sup>



## Diskontinuierliches Standardmessverfahren des IFA/MGU

Probenahmedauer 2 bis 4 Stunden;      Quecksilber-Analysen durch  
Atomfluoreszenz-Spektroskopie bei 253,7 nm;

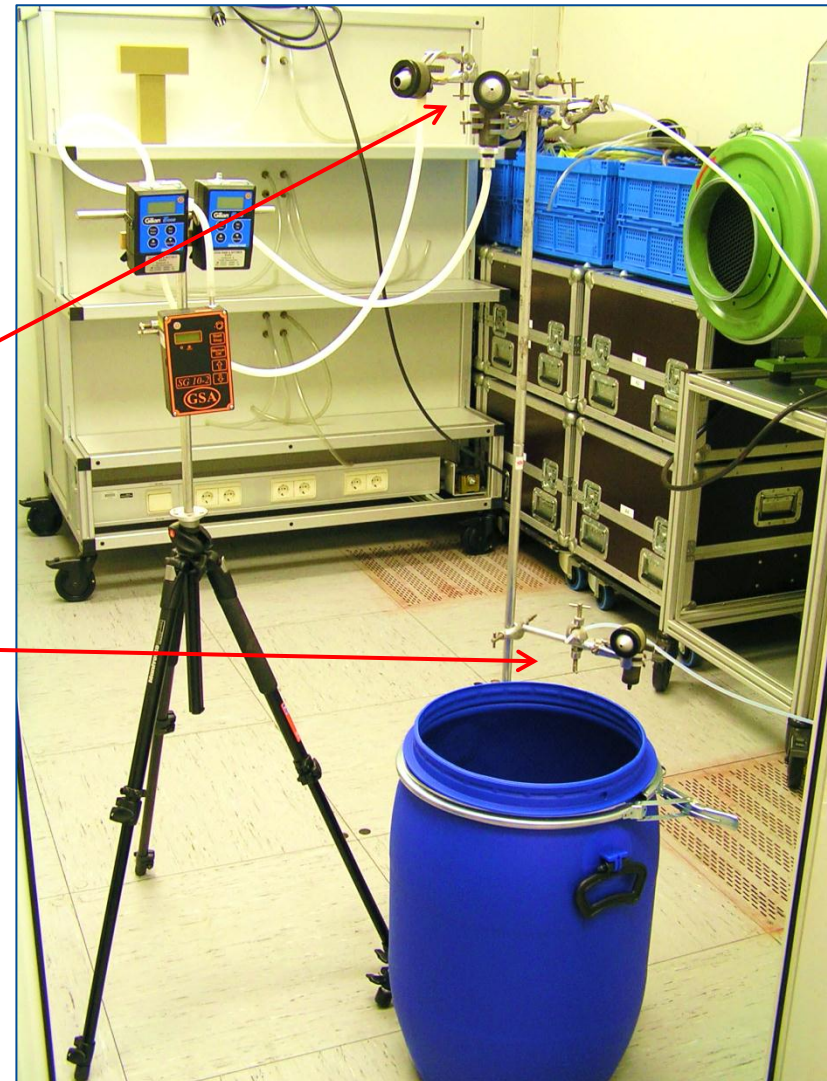
Bestimmungsgrenze: 0,21 µg/m<sup>3</sup>

## Messverfahren für Quecksilber:

IFA-Probenahmeträger Nr. 567



GSP-Probenahmekopf mit Hopkalite-Kartusche + Luftsammelpumpe (1 L/min)



## Prüfkammeruntersuchungen im IFA :



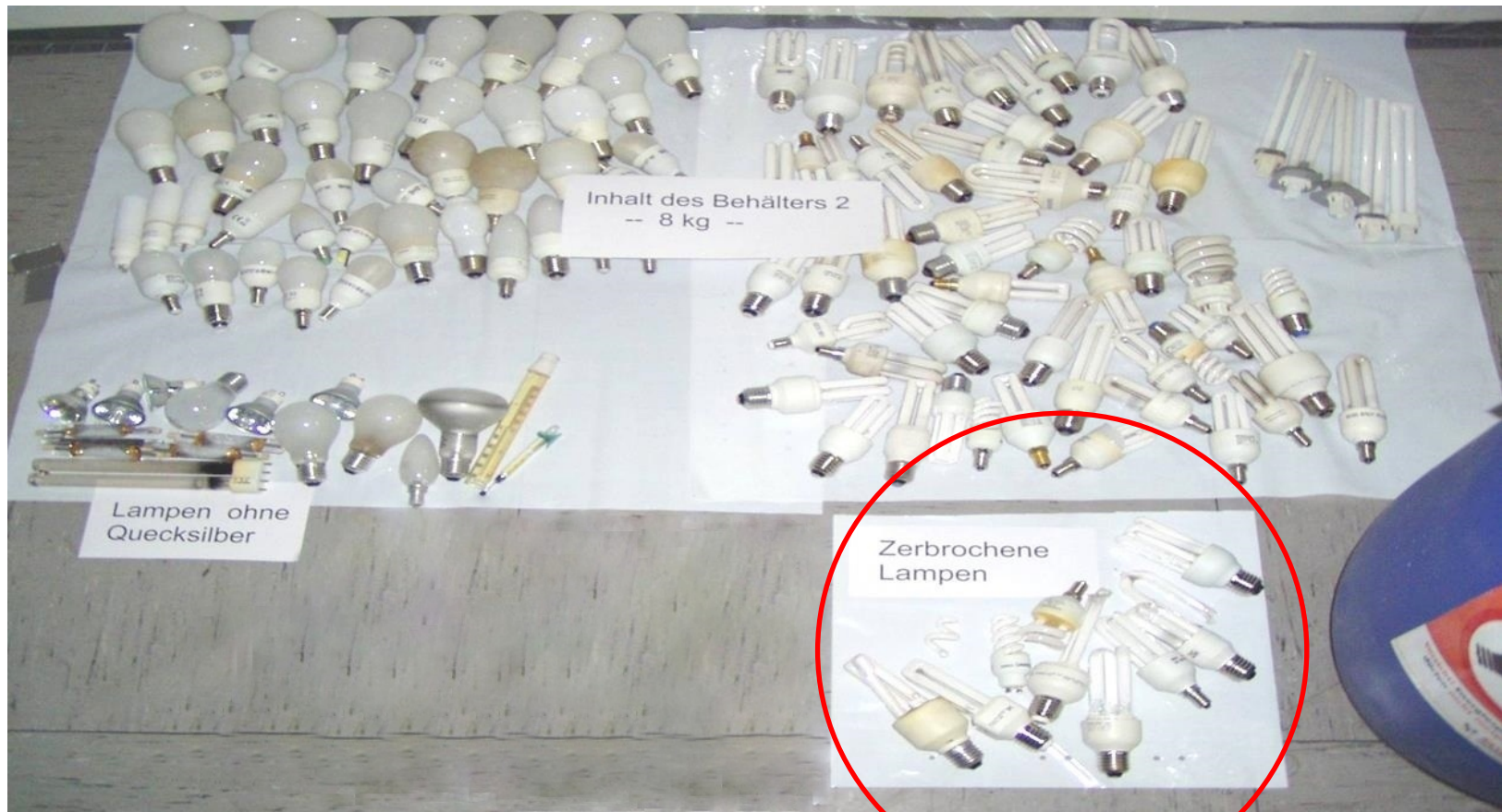
**Kompaktleuchtstofflampen (KLL)**

**Öffnen** und **Schließen** von mit Altlampen gefüllten **60-L-Behältern** eines kommunalen Entsorgungsbetriebes aus Wiesbaden



# Typisches „Sortiment“ eines 60-L-Sammelbehälters

(Altlampen mit ca. 2 bis 5 % zerbrochenem Anteil)



## Prüfkammeruntersuchungen im IFA:

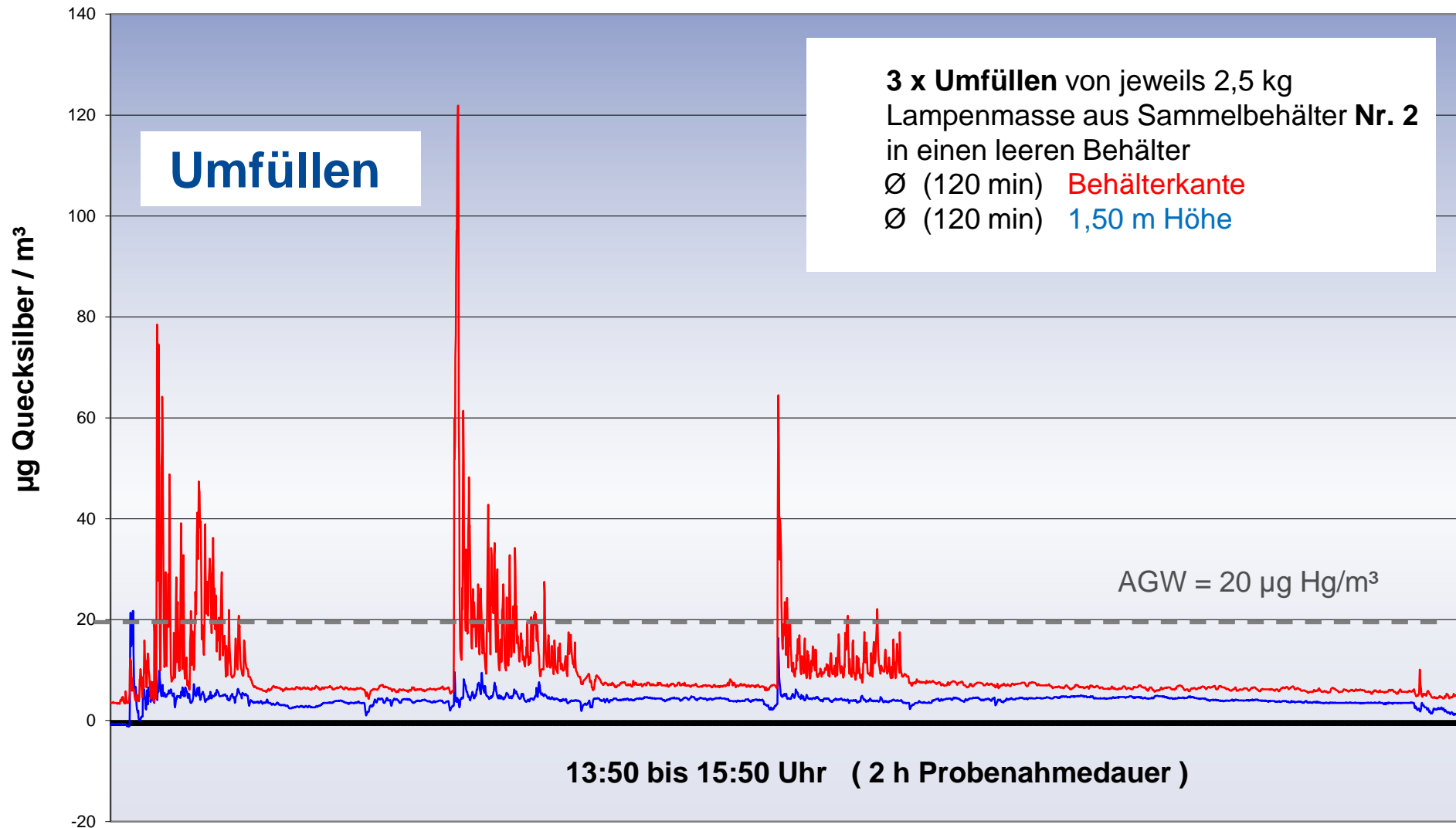


### Kompaktleuchtstofflampen (KLL)

Mehrmaliges **Umfüllen** von ca. **2,5 kg Altlampen** aus den 60-L-Behältern in leere Kunststoffbehälter

# Umfüllen

**3 x Umfüllen** von jeweils 2,5 kg  
 Lampenmasse aus Sammelbehälter **Nr. 2**  
 in einen leeren Behälter  
 Ø (120 min) **Behälterkante**  
 Ø (120 min) **1,50 m Höhe**



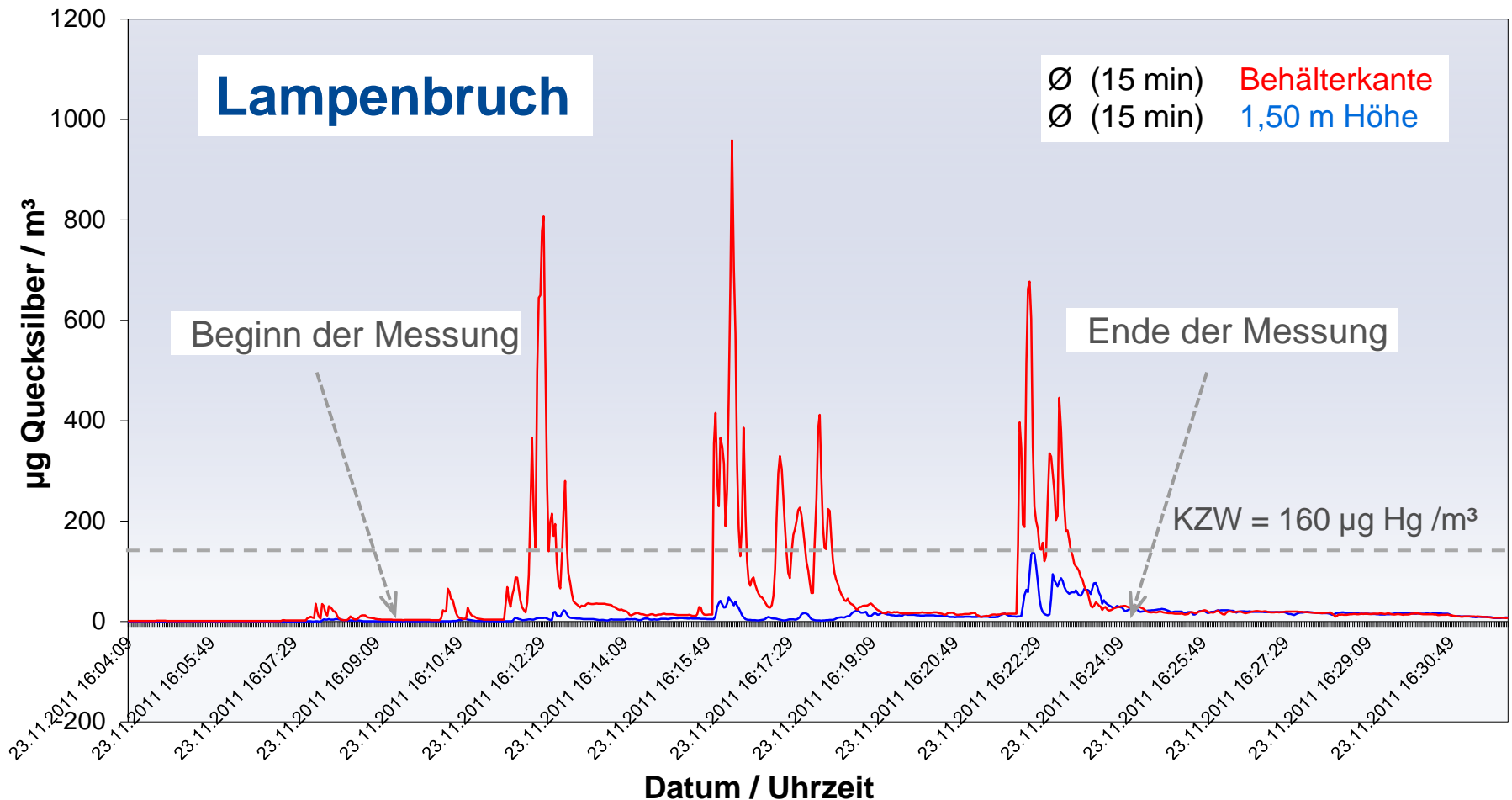
## Prüfkammeruntersuchungen im IFA:



**Kompaktleuchtstofflampen (KLL)  
(11 Watt )**

**Zerbrechen von Altlampen  
in 60-L-Sammelbehältern**

## Zerbrechen von drei identischen Lampentypen eines Herstellers im leeren Behälter; Öffnen und Schließen des Behälters



# Zusammenfassung der Ergebnisse : 60-L-Behälter

– **Kompaktleuchtstofflampen** (Direkt anzeigendes Quecksilber-Messverfahren)

Szenarien:	Messdauer [min]	Im Einatem- bereich (150 cm Höhe) [ Ø ] [µg Hg/m³]	Konzentrations- spitzen [µg Hg/m³]
Öffnen und Schließen	5	5 ..... 18	bis 1580
Zerbrechen von Altlampen	15	1 ..... 16	bis 960
Umfüllen  (Gemessen mit IFA- Standardverfahren)	120  <b>120</b>	2 ..... 3  <b>2 ..... 6</b>	bis 535

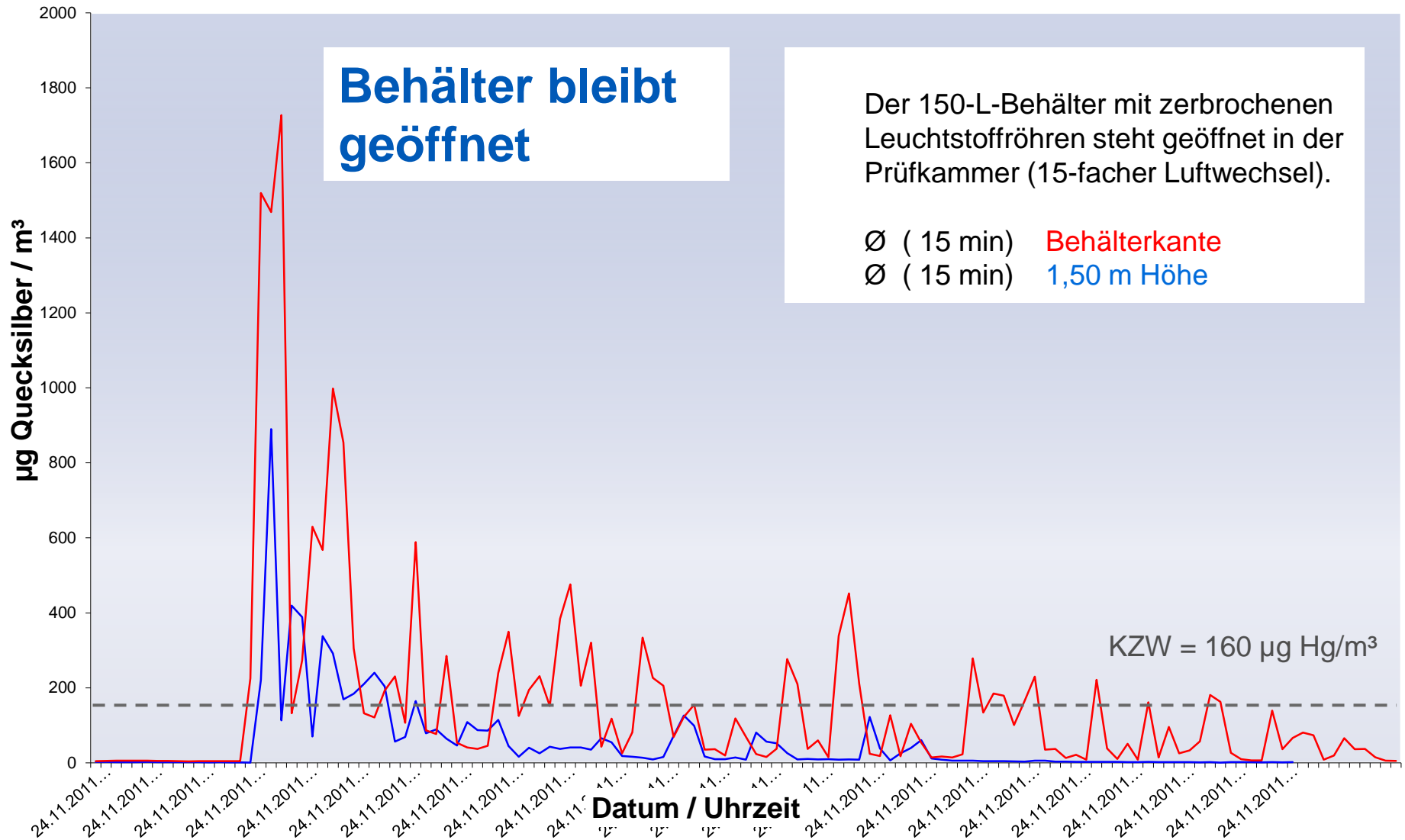
## Prüfkammeruntersuchungen im IFA:



### Konventionelle Leuchtstoffröhren (LStR)

[38 Watt/1 m Länge ]

- Öffnen und Schließen eines **150-L-Behälters**
- Zerschneiden von LStR
- Behälter bleibt geöffnet



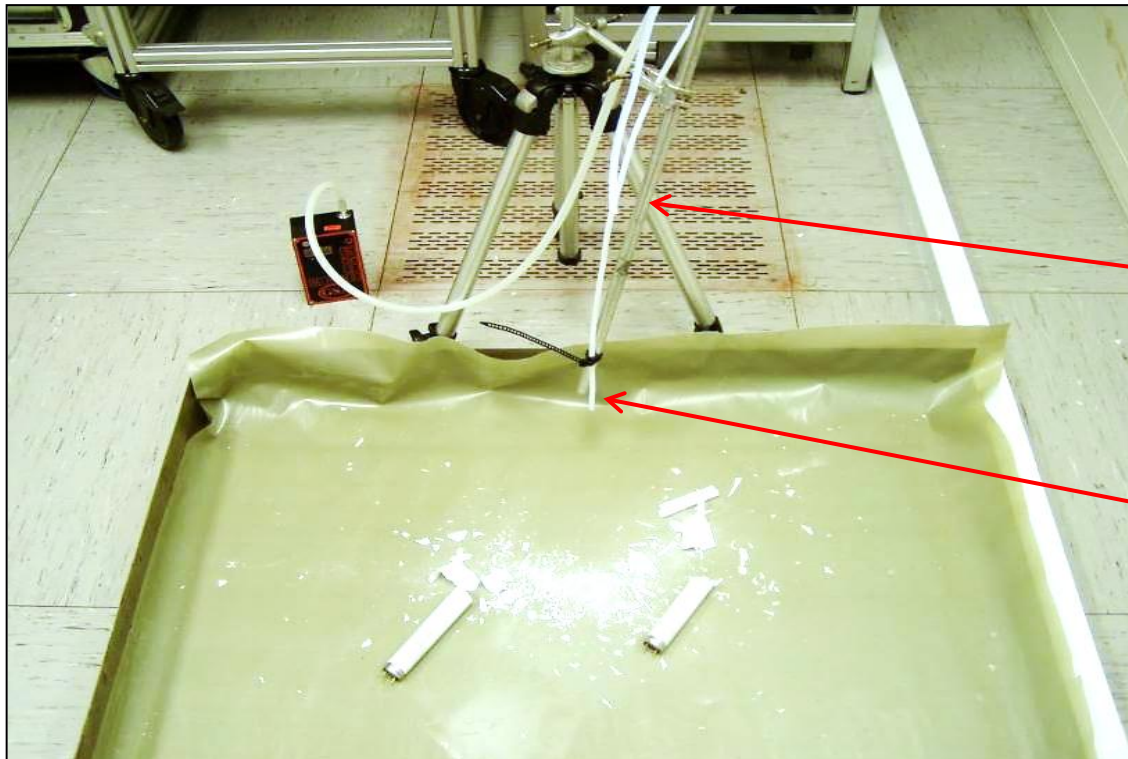


# Zusammenfassung der Ergebnisse : 150-L-Behälter

– **Konventionelle Leuchtstoffröhren** (Länge 1 m/38 W Leistung)

Szenarien	Messdauer [min]	Im Einatem- bereich (150 cm Höhe) [ Ø ] [µg Hg/m³]	Konzentrations- spitzen [µg Hg/m³]
Öffnen und Schließen	15	25 ..... 66	bis 1050
Zerbrechen von Altlampen	15	< 2 ..... 4	bis 450
<b>Behälter ist offen!</b> (15-facher Luftwechsel in der Prüfkammer)	15	bis 71	bis 1750

# Prüfkammeruntersuchungen „Lampenwechsel“:



Probenahme in  
einer Höhe von:

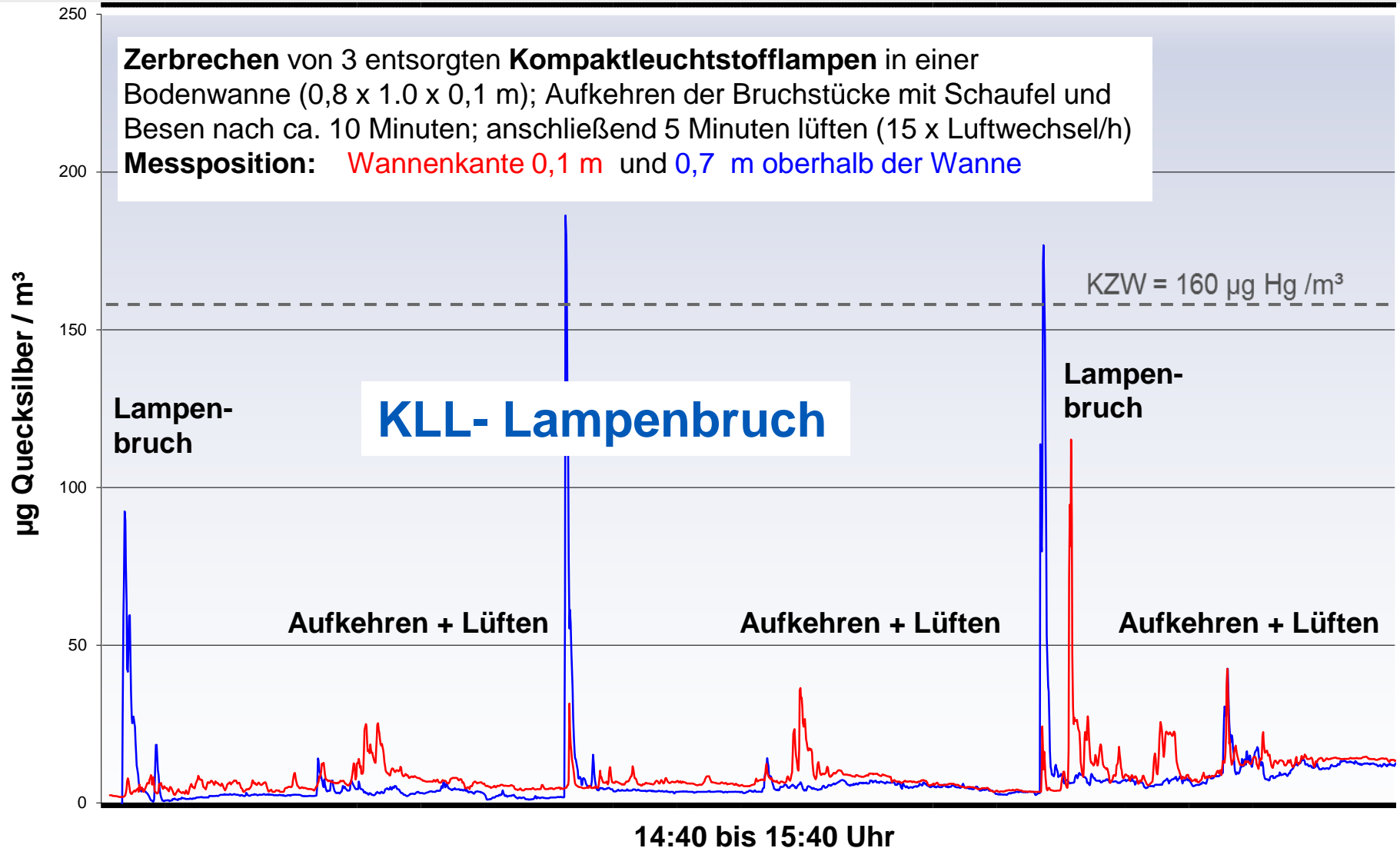
0,7 m

0,1 m

**Nachstellung des Zerschneidens von Leuchtmitteln im Raum**  
(Messung am Wannenrand/im Einatembereich „Aufkehren der Bruchstücke“)

**Zerbrechen** von 3 entsorgten **Kompaktleuchtstofflampen** in einer Bodenwanne (0,8 x 1.0 x 0,1 m); Aufkehren der Bruchstücke mit Schaufel und Besen nach ca. 10 Minuten; anschließend 5 Minuten lüften (15 x Luftwechsel/h)

**Messposition:** **Wannenkante 0,1 m** und **0,7 m** oberhalb der Wanne



**Zerbrechen** von drei entsorgten **Leuchtstoffröhren** in der Bodenwanne);  
 Aufkehren der Bruchstücke mit Schaufel und Besen nach ca. 10 Minuten; anschließend 5 Minuten lüften (15 x Luftwechsel pro h)  
**Messposition:** Wannenkante 0,1 m/0,7 m oberhalb der Wanne

**Lampenbruch**

$\mu\text{g}$  Quecksilber /  $\text{m}^3$

**LStR- Lampenbruch**

**Nur diese LStR zerbrach mit lautem Implosionsknall !**

**Lampenbruch**

**Lampenbruch**

**Aufkehren + Lüften**

**Aufkehren + Lüften**

**Aufkehren + Lüften**  
 KZW =  $160 \mu\text{g Hg} / \text{m}^3$

15:45 bis 16:55 Uhr

# Zusammenfassung der Messergebnisse:

- Zerschneiden von **Altlampen** im Raum -

	<b>Messdauer</b> [min]	<b>Im Einatembereich</b> (70 cm Höhe) [ Ø ] [µg Hg /m³]	<b>Expositionsspitzen</b> [µg Hg /m³]
<b>Kompaktleuchtstofflampen (KLL)</b>	15	<b>5 ..... 12</b>	bis 185
<b>Leuchtstoffröhren (LStR)</b>	15	<b>6 ..... 65</b>	bis 1360

# Zusammenfassung der Messergebnisse:

- Zerberechen von **neuen Lampen** \*) im Raum

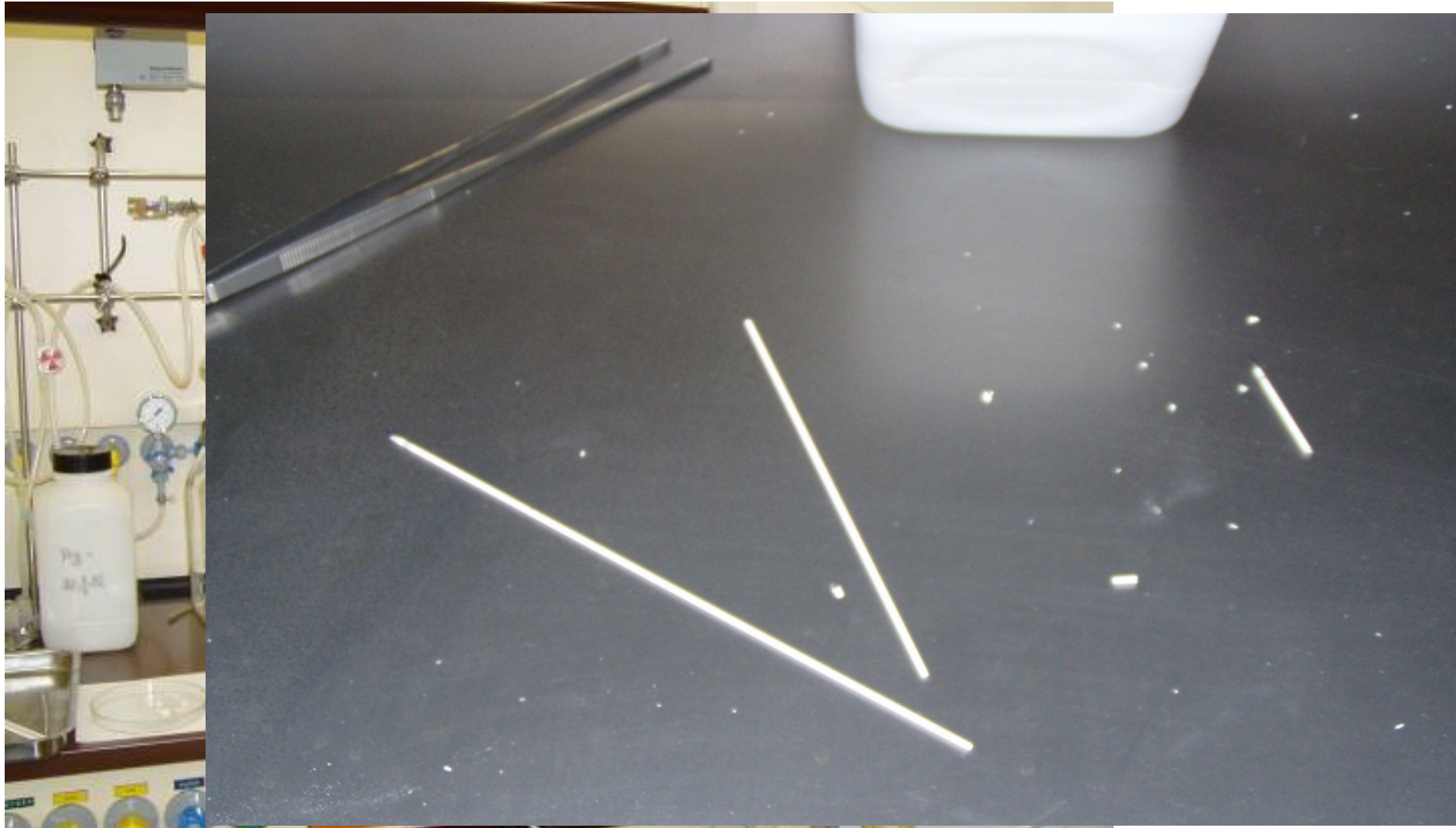
	Messdauer [min]	Oberflächen- temperatur der Lampe beim Zerberechen	Im Einatem- bereich (70 cm Höhe) [ Ø ] [µg Hg/m³]	Expositions- spitzen [µg Hg/m³]
<b>Kompaktleucht- stofflampen (KLL)</b> 11 W	15	kalt	< 2	bis 2
		heiß (50 bis 60°C)	2 ..... 3	bis 62
<b>Leuchtstoff- röhren (LStR) 38 W/1m</b>	15	kalt	4 ..... 6	bis 45

\*) mit Amalgam (Hg/Fe-Pille an der KLL-Elektrode und reduzierte Quecksilber-Dotierung)

# Untersuchung von LCD-Leuchtstoffröhren aus entsorgten Flachbildschirmen

- Ausbau von LCD-Leuchtstoffröhren aus ihrer Blecheinfassung
- Fallenlassen von ausgebauten Röhren aus 1,00 bis 1,20 m Tischhöhe
- Untersuchung der Quecksilber-Emissionsraten im 13-L-Normbehälter
  - Bruch nur am Röhrenrand
  - Bruch in der Mitte (2 bzw. 4 Einzelstücke)
  - Emission beim vollständigem Zertrümmern





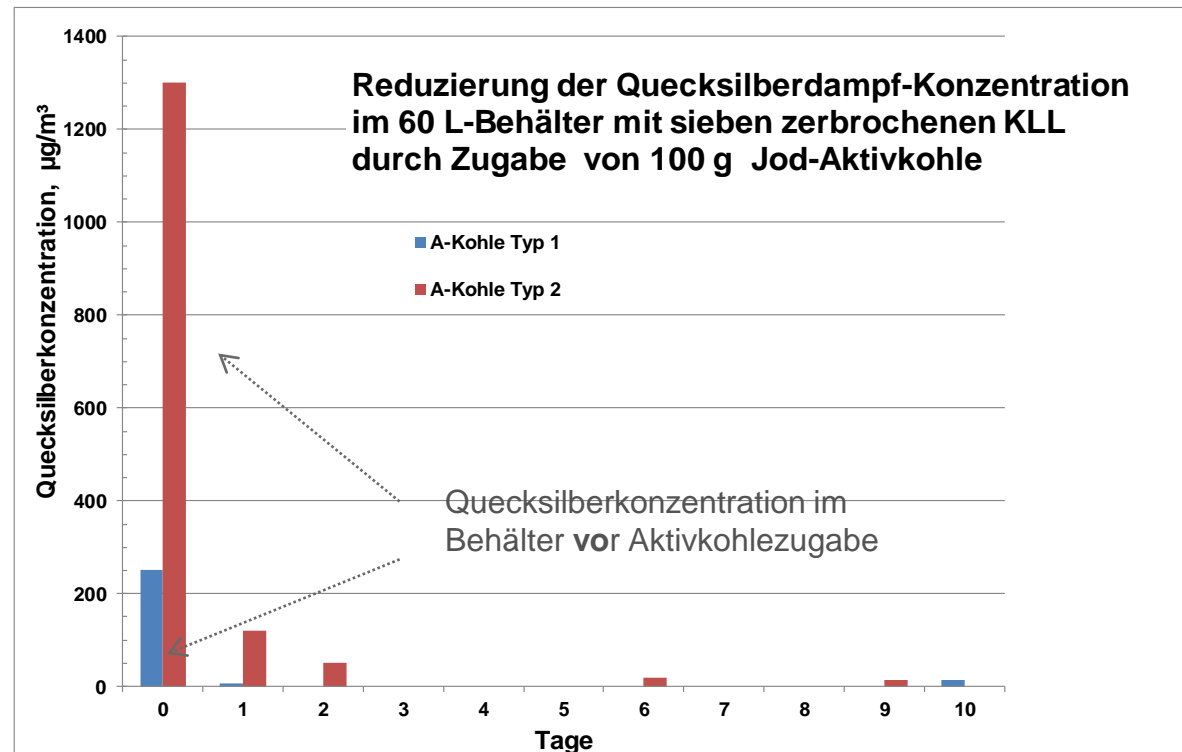


## Messergebnisse LCD-Leuchtstoffröhren:

- **Anzahl/Beschaffenheit der Bruchstücke** und weniger die Abmessungen der Röhren beeinflussten die Emissionsraten für Quecksilberdampf.
- Die Quecksilber-Freisetzung bei nur **ein-** oder **zweifach gebrochenen** Röhren ist sehr **gering**.
- Selbst **fein zerstoßene Röhren** emittieren **weniger als 10 µg Hg (absolut)/pro Gramm Röhrenmasse** über die Dauer von mehreren Stunden.

# Maßnahmen zur Reduzierung der Hg-Exposition

- Zugabe von Aktivkohle in den Behälter mit Lampenbruch -



# Maßnahmen zur Reduzierung der Hg-Emission

Absaugvorrichtungen mit ca. 400 m<sup>3</sup>/h und 10 m/s am Behälterrand



Absaugung mit Prallplatte



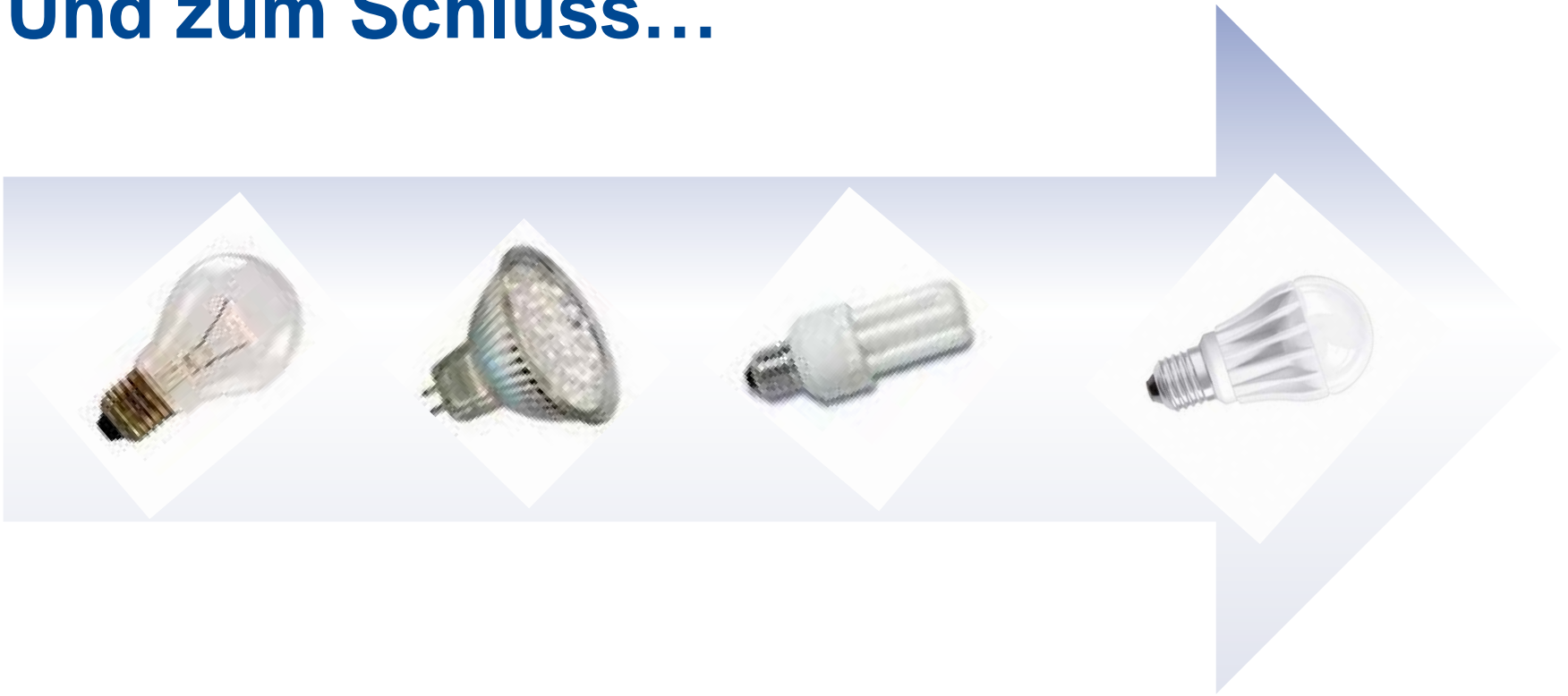
Ringabsaugung

Vergleich Quecksilber-Messergebnisse	Prüfkammerversuche (als ungünstigster Fall)	Messergebnisse aus 5 Entsorgungsbetrieben
<b>Raumsituation</b>	geschlossen	(halb-)offener Raum/Halle oder im Freien
<b>Art der Lüftung</b>	ohne techn. Lüftung (v = 0,1 m/s bis 0,2 m/s)	Natürlicher Luftwechsel (v = 0,1 m/s bis 5 m/s)
<b>Expositionsmessungen</b> [µg Hg/m <sup>3</sup> ] (Einatembereich)	1.....6	0,1 ..... 2 (AGW = 20 µg/m <sup>3</sup> )
<b>Kurzzeitmessung KLL</b> [µg Hg/m <sup>3</sup> ] (Einatembereich)	2 .....16	1..... 3 (KZW = 160 µg/m <sup>3</sup> )
<b>Kurzzeitmessung LStR</b> [µg Hg/m <sup>3</sup> ] (Einatembereich)	4.....71	1..... 2 (KZW = 160 µg/m <sup>3</sup> )
<b>Konz.-spitzen KLL (max.)</b> [µg Hg/m <sup>3</sup> ] (Behälterrand)	535 .....1580	3.....45
<b>Konz.-spitzen LStR (max.)</b> [µg Hg/m <sup>3</sup> ] (Behälterrand)	450..... 1750	bis 100

## Was sind die Erkenntnisse der Untersuchungen?

- Beim Zerschneiden emittieren **konventionelle** (intakte) **Leuchtstoffröhren** mehr Quecksilberdampf als **Kompaktleuchtstofflampen**.
- **Neuere** Lampentypen mit Amalgam setzen nur noch **geringe** Quecksilbermengen frei.
- **Höhere Bruchsicherheit** von Kompaktleuchtstofflampen durch Hüllkolben und Silikonüberzug.
- Die Quecksilberfreisetzung bei der **Entsorgung** von **Röhrchen** aus **LCD-Flachbildschirmen/Monitoren** ist sehr gering.
- Ein **sorgfältiger Umgang** mit Leuchtmitteln ergänzt durch **Schutzmaßnahmen** (A-Kohle, Absaugung, hoher Luftwechsel) kann die **Exposition** Beschäftigter gegen Null absenken.

# Und zum Schluss...



# ... danke ich Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit !