

Hannover, 22.09.2008

**Technischer Bericht  
zur Prüfung der Schwächungseigenschaften von  
Strahlenschutzplatten Knauf Safeboard gegenüber  
Röntgenstrahlung gemäß DIN EN 61331-1 vom  
August 2006.**

Auftraggeber:	Knauf Gips KG Am Bahnhof 7 97346 Iphofen
Auftragnehmer:	TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG Am TÜV 1 30519 Hannover
Durchführung der Prüfung:	Röntgenraum im technischen Zentrum Am TÜV 1 30519 Hannover
Zeitraum der Prüfung:	Mai 2008

## 1. Aufgabenstellung

Für die Fa. Knauf wurden 9 Strahlenschutzplatten Knauf Safeboard hinsichtlich ihrer Schwächungseigenschaften gemäß DIN EN 61331-1:2002 vermessen. Für 4 Strahlenqualitäten gemäß Norm und 2 zusätzliche Strahlenqualitäten wurden die Schwächungseigenschaften im breiten und schmalen Strahlenbündel bestimmt. Schwächungseigenschaften nach Norm sind der Schwächungsfaktor und der Aufbaufaktor. Obwohl gemäß 4.2 der Norm die Angabe eines Bleigleichwertes nur für Schutzmaterialien vorgesehen ist, welche einen erheblichen Anteil an Blei enthalten, ist die Ermittlung eines Bleiäquivalents für die getesteten Platten erwünscht.

Die gelieferten Platten im Format 50 x 50 cm<sup>2</sup> bestehen aus 2 Chargen mit leicht unterschiedlicher Dichte, welche die Produktionsschwankungen abbilden. Die Platten 1 bis 6 dienen zur Vermessung von Wandaufbauten von einer bis 6 Platten. Die zusätzlich gelieferten Platten 13(1) bis 13(3) dienen zur Überprüfung der Homogenität und Varianz der Produktion. Aus dem Material der Platten 1 bis 6 liegen 6 Proben im Format 10 x 10 cm<sup>2</sup> zur Bestimmung des Bleigleichwertes vor.

Die Platten enthalten Bariumsulfat (Baryt) als bestimmenden Werkstoff für die Eignung als Strahlenschutzplatte. Durch die Verwendung von Bariumsulfat wird der nach Norm ermittelte Bleigleichwert zur Überschätzung der Strahlenschutzeigenschaften der einzelnen Platten führen. Daher sollen weitere Messungen im breiten Strahlenbündel das ermittelte Bleiäquivalent absichern. Für diese Vergleichsmessungen stehen eine Hartpapierplatte mit 0,5 mm Blei und 2 Gipskartonplatten der Fa. Knauf mit 0,5 und 1mm Bleiauflage zur Verfügung. Zusätzlich werden weitere Schwächungsfaktoren im breiten Strahlenbündel gemessen und mit den Schwächungsfaktoren für Blei aus Tabelle A4 DIN 6812E2006-9 verglichen um Überschätzungen sicher auszuschließen.

Tabelle1: Beschreibung der Produktproben		
Anzahl	Beschreibung	Anmerkung
6	Platten im Format 50 x 50 cm <sup>2</sup>	Zur Messung von Wandaufbauten bis 6 Platten
3	Platten im Format 50 x 50 cm <sup>2</sup>	Zur Prüfung der Homogenität und Produkttoleranz
6	Platten im Format 10 x 10 cm <sup>2</sup>	Zum Vergleich mit Bleireferenzen
1	Platte Hartpapier im Format 50 x 50 cm <sup>2</sup> + 0,5 mm Blei im Haus vorhanden	Zum Vergleich mit den Prüflingen im breiten Strahlenbündel
1	Platte Gipskarton im Format 50 x 50 cm <sup>2</sup> + 0,5 mm Blei	Zum Vergleich mit den Prüflingen im breiten Strahlenbündel
1	Platte Gipskarton im Format 50 x 50 cm <sup>2</sup> + 1,0 mm Blei	Zum Vergleich mit den Prüflingen im breiten Strahlenbündel

## 2. Vorgehensweise

Für die Prüfung der Platten steht ein Rahmen zur Verfügung, welcher die Nutzstrahlung auf den erforderlichen Querschnitt einblendet. Der Rahmen besteht aus einer Trägerkonstruktion und einer Lage mit mindestens 3 mm Blei zur Abschirmung der Nutzstrahlung außerhalb des breiten Strahlenbündels. Die zu prüfenden Platten können in Tragschienen an der Prüfposition befestigt werden. Für die Messungen im schmalen Strahlenbündel steht eine weitere Blende aus 5 mm Bleiblech zu Verfügung, welche das Strahlenbündel auf die Geometrie des schmalen Strahlenbündels begrenzt. Für die Primärstrahlenblende gibt es Einsätze aus 5 mm Blei, die das Strahlenbündel soweit begrenzen, dass unerwünschte Streustrahlung so weit wie möglich vermieden wird. Der Wechsel der Proben erfolgt teilweise fern bedient, sonst aber manuell. Ein Monitor-dosimeter stellt sicher, dass nach dem Ein- und Ausschalten der Röntgenstrahlung nach einem Proben- oder Filterwechsel wieder die korrekte Dosis reproduzierbar eingestellt wird.

Die Messungen der Dosisleistung erfolgten mit einem Sekundärstandarddosimeter der Fa. PTW, Typ Unidos Nr. T10001 11426 mit dem Detektor TM23361-0559 und einem Ortsdosimeter Typ FH 40 der Fa. Thermo Nr 018807 zur Messbereichserweiterung bei niedrigen Dosisleistungen. Mit diesen Messgeräten konnten die Dosisleistungen im Nutzstrahl und im geschwächten Nutzstrahl gemessen werden. Beide Geräte zusammen decken eine Dynamik von  $10^7$  ab. Die Grenze der messbaren Schwächungsfaktoren wird bestimmt durch die endliche Größe der Sekundärblende von  $1500 \times 1500 \text{ mm}^2$ . Dadurch erreichen an Luft- und Raumwänden gestreute Photonen die Messstelle auch bei vollständig geschlossener Sekundärblende. Dieser Effekt begrenzt die Größe des messbaren Schwächungsgrades bei dem Aufbau nach DIN EN 61331-1:2002. Die Messwerte, welche die Grenze der messbaren Schwächung überschritten haben, sind an der größeren Abweichung vom exponentiellen Schwächungsgesetz erkennbar und werden bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Das sind erwartungsgemäß die Messungen bei niedrigen Energien und großen Schwächungen bei der Prüfung von mehreren Lagen der Strahlenschutzplatten.

Die für jede Messung erforderliche Konstanz der Dosis wird durch ein Monitor-dosimeter vom Typ PTW-Nomex überprüft.

## 3. Qualifizierung des Messaufbaus

Für die Durchführung der Messungen schreibt die Norm einige Randbedingungen fest, welche notwendig sind um Messungen normgerecht durchführen zu können. Diese Randbedingungen konnten im Wesentlichen eingehalten werden.

Tabelle 2		
Bedingung aus DIN EN 61331	Erreichter Wert	Bemerkung
Welligkeit der Hochspannung <4%	<<4%, da es sich um einen Konvertergenerator handelt	Der Generator liefert eine Gleichspannung
Die Dosisleistung außerhalb des Nutzstrahlenbündels $K_{OC}$ (Gehäuse und Blendendurchlassstrahlung muss < 5% der Dosisleistung im Nutzstrahl $K_C$ sein.	$K_C = 5,84 \text{ mGy/s}$ $K_{OC} = 95,89 \text{ } \mu\text{Gy/s}$	$0,05 * 5,84 \text{ mGy/s} = 0,292 \text{ mGy/s}$ 150 kV 20 mA
Die Dosisleistung $K_S$ hinter der Blende, aber im Bereich der von Nutzstrahlung getroffen wird muss kleiner sein als $0,01 * K_{IS}$ (Dosisleistung hinter dem Prüfling)	$K_{IS} = 513 \text{ } \mu\text{Gy/s}$ $K_S = 2,7 \text{ } \mu\text{Gy/s}$	Ohne Prüfling $0,01 * 513 \text{ } \mu\text{Gy/s} = 5,13 \text{ } \mu\text{Gy/s}$ . bei 150 kV 20 mA. Mit Prüfling sind beide Dosisleistungen kleiner. Die Grenze ist erreicht, wenn sich gestreute Strahlung hinter der Blende nachgewiesen wird (ca. 10 $\mu\text{Sv/h}$ oder 2-3 nGy/s. Bei Schwächungsfaktoren um $10^5$
Durchmesser des Nutzstrahlenbündels 20 mm +/-1 mm	50 x 30 mm <sup>2</sup>	Strahlenbündel der Messkammer angepasst siehe nationale Anmerkung 5.4.2 der Norm
Abstand $a > 10 * \sqrt{A}$	440 mm $> 10 * \sqrt{150\text{mm}^2}$	Anforderung erfüllt
Abstand zur Wand des Röntgenraumes > 700 mm	> 1300 mm	Anforderung erfüllt
Abstände gemäß Bild 1 und 2	Die geforderten Maße konnten +/- 5 mm eingehalten werden	Anforderung erfüllt
Reproduzierbarkeit der Dosis oder Dosisleistung	Besser 5% vom Mittelwert	Siehe Tabelle 3

Tabelle 3: Reproduzierbarkeit der Dosis							
Energie Al [kV]	Abweichung der Monitor-dosis vom Mittelwert der Dosisleistungen bei einer Energie						
	1	2	3	4	5	6	7
60	-0,67%	0,23%	0,25%	0,32%	-0,13%	0,00%	0,00%
70	-3,08%	-2,30%	-2,30%	-2,22%	-2,56%	14,84%	-2,39%
80	-0,92%	0,22%	0,15%	0,15%	0,22%	0,03%	0,15%
90	-0,96%	0,09%	0,09%	0,33%	0,33%	0,04%	0,09%
100	-1,02%	0,06%	0,21%	0,25%	0,29%	0,10%	0,10%
120	-0,98%	0,09%	0,14%	0,22%	0,35%	0,12%	0,07%
150							
Cu [kV]							
50	-0,32%	-0,12%	0,13%	-0,06%	0,42%	-0,12%	0,06%
60	-0,78%	0,19%	0,25%	0,09%	0,23%	0,09%	-0,06%
80	-1,06%	-0,01%	0,25%	0,25%	0,43%	-0,01%	0,16%
100	-1,35%	0,13%	0,13%	0,26%	0,45%	0,19%	0,19%
125	-1,37%	0,13%	0,18%	0,29%	0,40%	0,13%	0,24%
150	-1,06%	0,06%	0,15%	0,24%	0,41%	0,11%	0,11%

## 4. Vergleich von 9 Platten auf unterschiedliche Schwächung

Energie	Dosisleistung ohne Prüfling [ $\mu\text{Gy/s}$ ]	Dosisleistung mit Prüfling Nr. [ $\mu\text{Gy/s}$ ]								
		1	2	3	4	5	6	13(1)	13(2)	13(3)
50 kV 0,05mm Cu	147,6	0,428	0,455	0,428	0,423	0,4464	0,4436	0,485	0,472	0,4914
60 kV 0,1mm Cu	177,8	0,622	0,663	0,626	0,613	0,6462	0,649	0,719	0,6975	0,727
80 kV 0,15 mm Cu	286,2	3,15	3,307	3,158	3,104	3,255	3,252	3,471	3,467	3,559
100 kV 0,25 mm Cu	389,3	14,4	14,88	14,38	14,23	14,72	14,74	15,62	15,41	15,61
125 kV 0,45 mm Cu	478,9	49,75	50,74	49,57	49,2	50,4	50,4	52,4	51,88	52,36
150 kV 0,7 mm Cu	639,3	120,3	122,1	120	119,3	121,4	121,5	124,9	124	124,8

Energie	Mittelwert	Abweichung des Schwächungsfaktors F vom Mittelwert aller 9 Platten bei einer Energie mit Prüfling Nr.									
		1	2	3	4	5	6	13(1)	13(2)	13(3)	
50 kV 0,05 mm Cu	327	5,4%	-0,8%	5,4%	6,7%	1,1%	1,7%	-	-	-	
60 kV 0,1mm Cu	269	6,1%	-0,4%	5,5%	7,7%	2,2%	1,7%	7,0%	-4,4%	8,2%	
80 kV 0,15 mm Cu	87	4,6%	-0,3%	4,4%	6,2%	1,2%	1,3%	8,2%	-5,4%	9,2%	
100 kV 0,25 mm Cu	26	4,6%	-0,3%	4,4%	6,2%	1,2%	1,3%	5,1%	-4,9%	7,4%	
125 kV 0,45 mm Cu	9	3,3%	-0,1%	3,4%	4,5%	1,0%	0,9%	-	-	-	
150 kV 0,7 mm Cu	5	1,9%	0,0%	2,3%	3,1%	0,6%	0,6%	4,8%	-3,5%	4,7%	
		9	1,9%	0,0%	2,3%	3,1%	0,6%	0,6%	3,2%	-2,2%	3,1%
		5	1,4%	-0,1%	1,7%	2,3%	0,5%	0,4%	2,3%	-1,6%	2,2%

Durch Vergleich der gemessenen Schwächungsfaktoren im breiten Strahlenbündel mit den Schwächungsfaktoren für Blei aus DIN 6812 kann man die Änderung des Bleigleichwertes bei Änderung der Schwächung abschätzen. Die Tabelle zeigt den Unterschied in mm Pb.

Tabelle 6: Aus den Abweichungen des Schwächungsfaktors abgeleitete Änderung des Bleigleichwertes									
Al Filterung bei [kV]	1	2	3	4	5	6	13(1)	13(2)	13(3)
60	0,009	-0,001	0,009	0,011	0,003	0,002	-0,012	-0,008	-0,013
70	0,010	-0,001	0,009	0,013	0,003	0,002	-0,012	-0,009	-0,014
80	0,008	-0,001	0,007	0,010	0,002	0,002	-0,011	-0,008	-0,009
90	0,010	-0,001	0,010	0,014	0,003	0,003	-0,014	-0,010	-0,015
100	0,032	-0,033	0,032	0,033	0,029	0,029	-0,042	-0,039	-0,042
120	0,025	-0,007	0,025	0,027	0,022	0,021	-0,042	-0,031	-0,041
150	-0,002	-0,005	-0,021	0,061	-0,004	-0,004	-0,009	-0,008	-0,009

Bewertung: Die Abweichungen in der Schwächung liegen unter 10%. Die Auswirkungen auf die Bleigleichwerte ist vernachlässigbar, sie liegen unter 0,05 mm Pb.

## 5. Ermittlung des Schwächungsfaktors F

Der Schwächungsfaktor F wurde mit 6 verschiedenen Wanddicken im breiten Strahlenbündel gemessen. Die 6 Wanddicken wurden durch den Aufbau aus 6 einzelnen Platten der Charge 1 erstellt. Da bei niedrigen Energien und dicken Wandaufbauten die Schwächungsfaktoren sehr groß werden, ist die Dosisleistung hinter der schwächenden Platte nicht zuverlässig messbar. Für diese Kombinationen ist kein Messwert angegeben. Als Kriterium für die Gültigkeit der Messung ist eine in der grafischen Darstellung der gemessenen Dosisleistung über die Plattenanzahl erkennbare Abweichung vom linearen Schwächungskoeffizienten herangezogen worden.

Ein Unterschied zwischen einer massiven Wand aus 4 Platten und einem Wandaufbau mit Luftschicht und 2 mal 2 Platten konnte nicht festgestellt werden.

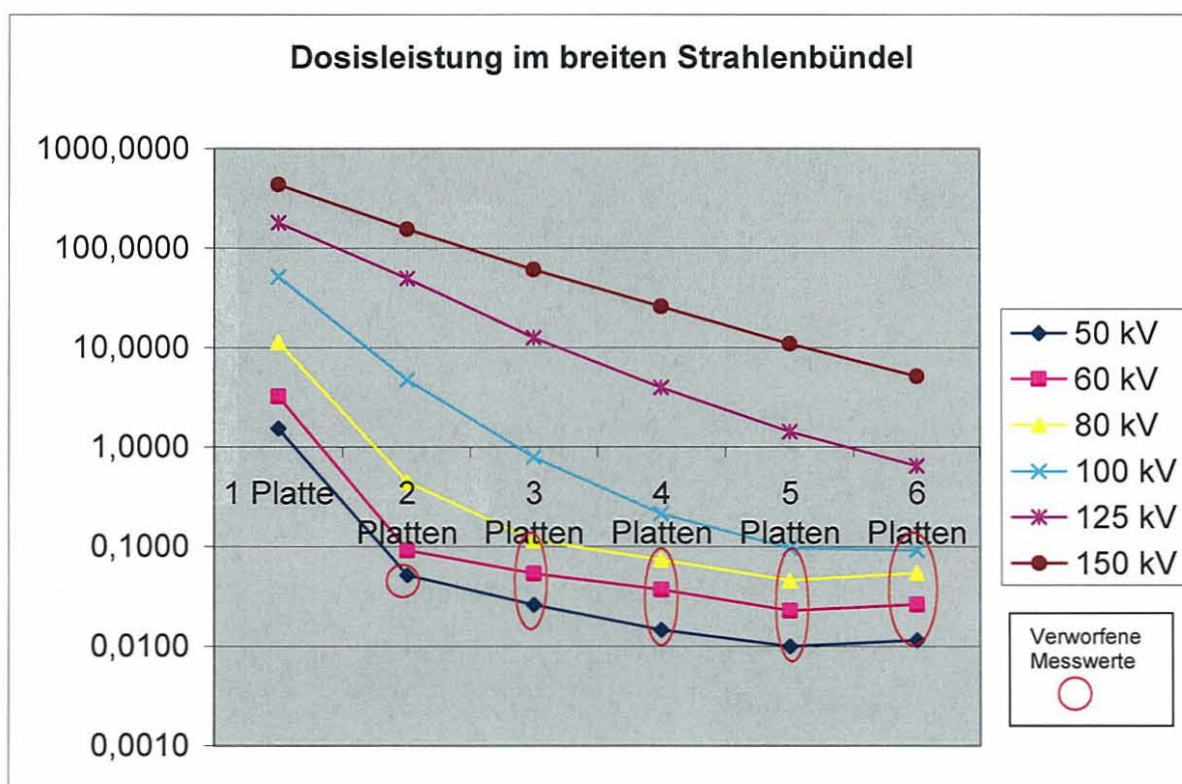


Bild 1 Dosisleistung bei steigender Plattenzahl für verschiedene Energien in mGy/h

Tabelle 7:	Schwächungsfaktor F DIN EN 61331					
Energie	1 Platte	2 Platten	3 Platten	4 Platten	5 Platten	6 Platten
50 kV 0,05 mm Cu	320	9546	18910	33704	49545	42712
60 kV 0,1 mm Cu	213	7464	12757	18464	29984	25986
80 kV 0,15 mm Cu	119	3036	11677	18350	29503	24923
100 kV 0,25 mm Cu	40	432	2581	9598	21199	22293
125 kV 0,45 mm Cu	15	56	218	694	1925	4234
150 kV 0,7 mm Cu	9	24	62	146	346	738



## 6. Ermittlung des Aufbaufaktors

Der Aufbaufaktor B ist gemäß DIN EN 61331-1:2002 definiert.  $B = \frac{\dot{K}_l}{c \cdot \dot{K}_e}$  mit dem

Korrekturfaktor c zu  $c = \left( \frac{1500 + a}{1550} \right)^2$  und a als Abstand zwischen Prüfling und Messort bei

der Messung im schmalen Strahlenbündel. Er beschreibt das Verhältnis der Dosisleistung im breiten Strahlenbündel zur Dosisleistung im schmalen Strahlenbündel (Messung der Absorption). Auch bei der Messung der Schwächung im schmalen Strahlenbündel bestimmt eine Abweichung vom linearen Schwächungskoeffizienten das Ende der zuverlässigen Messung.

Energie	1 Platte	2 Platten	3 Platten	4 Platten	5 Platten	6 Platten
50 kV 0,05 mm Cu	4,9	<del>19,0</del>	<del>74,0</del>	=	=	=
60 kV 0,1 mm Cu	9,6	28,9	<del>119,6</del>	<del>69,4</del>	<del>42,7</del>	=
80 kV 0,15 mm Cu	5,5	10,0	<del>43,7</del>	<del>58,6</del>	<del>39,1</del>	<del>40,9</del>
100 kV 0,25 mm Cu	3,6	3,7	4,5	7,5	<del>14,4</del>	<del>30,7</del>
125 kV 0,45 mm Cu	3,0	4,1	4,0	4,2	5,0	7,3
150 kV 0,7 mm Cu	2,8	3,3	3,7	3,4	4,3	4,5

## 7. Messung des Bleigleichwertes

Die DIN EN 61331 beschreibt die Bestimmung eines Schwächungsgleichwertes durch Vergleich der Dosisleistungen hinter dem Prüfling und hinter einem Referenzmaterial. Die Angabe des Schwächungsgleichwertes in mm des Referenzmaterials erfolgt durch Angabe des chemischen Symbols des Referenzmaterials, der Strahlenqualität und der Gesamtfilterung. Ein Vergleich mit Blei als Referenzmaterial ist üblicherweise nur bei Stoffen vorgesehen, welche einen erheblichen Anteil an Blei enthalten. Wird dieser Vergleich bei den bariumhaltigen Platten durchgeführt, entstehen relativ hohe Bleigleichwerte welche den tatsächlichen Schwächungsgrad überschätzen können.

Die Ermittlung des Bleigleichwertes erfolgte durch Vergleich der Dosisleistung hinter dem Prüfling mit einer oder mehreren Schichten aus Blei. Die feinste Stufung beträgt 0,05 mm Pb. Die Grenze des Verfahrens ist da erreicht, wo bei niedriger Energie keine ausreichende Dosisleistung zur Unterscheidung vorhanden ist. Für diese Fälle konnte kein Bleigleichwert ermittelt werden. Die Bleigleichwerte in der folgenden Tabelle sind der Mittelwerte aus den beiden Schichten mit der geringsten Abweichung der Dosisleistung zur Dosisleistung hinter dem Prüfling.

Tabelle 9: Bleigleichwerte nach DIN EN 61331-1:2002

	50 kV 0,05 mm Cu	60 kV 0,1 mm Cu	80 kV 0,15 mm Cu	100 kV 0,25 mm Cu	125 kV 0,45 mm Cu	150 kV 0,7 mm Cu
1 Platte	0,38	0,63	0,93	0,83	0,58	0,43
2 Platten	0,78	1,28	1,93	1,68	1,03	0,78
3 Platten		1,63	2,73	2,40	1,50	1,20
4 Platten				3,23	1,98	1,38
5 Platten				3,88	2,45	1,80
6 Platten				4,28	2,85	2,08

## 8. Abschließende Festlegung eines Bleiäquivalents

Die im schmalen Strahlenbündel ermittelten Bleigleichwerte der DIN EN 61331 überschätzen die Schutzwirkung, da lediglich die Absorption der Photonen die Schwächung bestimmt. Die Fluoreszenzstrahlung und durch den Compton-Effekt gestreute Photonen werden dabei nicht berücksichtigt. Diese treffen bei der Messung im breiten Strahlenbündel den Detektor und vermindern den Schwächungsfaktor. Diese Effekte werden in der Norm durch den Aufbaufaktor beschrieben bzw. sind durch die Messung im breiten Strahlenbündel erfasst.

Da diese Schwächungsfaktoren für die Planung von Röntgenräumen aber unüblich sind, soll ein Bleiäquivalent angegeben werden, welches die Strahlenschutzplatten mit ausreichender Sicherheit beschreibt. Dazu wurden weitere Platten im breiten Strahlenbündel vermessen. Diese Messungen sollen eine Korrektur der Bleigleichwerte ermöglichen. Für den praktischen Strahlenschutz ist insbesondere die Abnahme des Bleigleichwertes bei hohen Energien von Bedeutung. Der ebenfalls vorhandene Abfall des Bleigleichwertes bei niedrigen Energien ist deutlich weniger von Bedeutung, da die eigentliche Schwächung der Platte eben wegen der niedrigen Energie sehr hoch ist.

Der Bleigleichwert steigt annähernd linear mit der Anzahl der verwendeten Platten. Der Anstieg von Platte zu Platte ist abhängig von der Energie. Der Bleigleichwert einer Platte selbst ist abhängig von der Energie und hat den größten Wert im mittleren kV Bereich der Röhrenspannung. Unter der Annahme, dass diese beiden Effekte voneinander unabhängig sind, lassen sich fehlende Werte errechnen. Aus dem Vergleich der Messwerte von den mit Blei verstärkten Platten im breiten Strahlenbündel kann man eine Korrektur ermitteln um die Überbewertung der Messung im schmalen Strahlenbündel zu reduzieren. Diese Korrektur beeinflusst den Bleigleichwert im Bereich von 80-100 kV. Es wird ein korrigiertes Bleiäquivalent festgelegt welches sicherstellt, dass die Platten nicht überbewertet werden.

Als Randbedingung dürfen die über die Schwächungsfaktoren im breiten Strahlenbündel ermittelten Bleistärken der DIN 6812 nicht überschritten werden.

Nach diesen Korrekturen werden für die Strahlenschutzplatten folgende bleiäquivalente Dicken festgelegt, die nicht unterschritten werden.

[kV]	60	70	80	90	100	125	150
1 Platte	0,45	0,60	0,75	0,70	0,70	0,50	0,40
2 Platten	0,90	1,20	1,50	1,40	1,40	1,00	0,80
3 Platten	1,35	1,80	2,20	2,10	2,10	1,50	1,10
4 Platten	1,80	2,30	2,90	2,80	2,80	2,00	1,40
5 Platten					3,40	2,40	1,70
6 Platten					4,00	2,80	2,00

TÜV NORD Röntgentechnik



Jürgen Feldmann

Hannover , den 22.09.2008

## Anhang zum Prüfbericht mit den Tabellen der gemessenen Dosisleistungen.

Verwendete Messeinrichtung: UNIDOS mit Stielkammer STEM der Fa PTW Freiburg und FH 40 Fa Thermo, Erlangen.

### Prüfling: keiner (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h
60	1285,115979
70	1935,537037
80	2710,617772
90	3642,233389
100	4724,302644
120	7279,399674
150	11875,57909

Berechnung von C

Abstand a= 830mm

C=

2,26

### Prüfling: keiner (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	breiter Strahl	schmalere Strahl
	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Messgröße nach Prüfling in mSv/h
50	492,5130344	1,4
60	683,0734463	2
80	1352,589041	4,1
100	2063,666089	6,6
125	2727,727732	8,7
150	3761,158453	11,9

## Prüfling: 1 Platte (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor
60	4,37388497	293,815
70	8,890235106	217,714
80	22,66185826	119,611
90	59,96589101	60,738
100	113,2904492	41,7
120	584,7021398	12,449
150	1157,663148	10,258

## Prüfling: 1 Platte (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor	schmaler Strahl	
			Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Aufbaufaktor B
50	1,5408	319,647	0,14	4,9
60	3,212765217	212,612	0,148	9,6
80	11,34	119,275	0,92	5,5
100	51,84	39,808	6,4	3,6
125	179,1	15,23	26,8	3,0
150	433,08	8,684	68	2,8

## Prüfling: 2 Platten (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor
60	0,16199574	7933,023
70	0,288791077	6702,205
80	0,836745536	3239,476
90	3,471054687	1049,316
100	10,99792461	429,563
120	95,78583191	75,996
150	446,0613539	26,623

## Prüfling: 2 Platten (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor	schmaler Strahl	
			Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Aufbaufaktor B
50	0,051591948	9546,315	0,001204444	19,0
60	0,09151513	7464,049	0,0014	28,9
80	0,4455	3036,114	0,019733333	10,0
100	4,771907834	432,461	0,566666667	3,7
125	48,96258993	55,71	5,333333333	4,1
150	154,4129248	24,357	20,5	3,3

# TÜV NORD Röntgentechnik

Niedersachsen • Nordrhein-Westfalen • Hamburg • Schleswig-Holstein • Baden-Württemberg  
 Mecklenburg-Vorpommern • Bremen • Sachsen-Anhalt • Berlin • Brandenburg • Sachsen • Thüringen • Bayern • Hessen

- 14 -

## Prüfling: 3 Platten (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor
60	0,094883219	13544,186
70	0,150624365	12850,092
80	0,26148298	10366,325
90	0,634493868	5740,376
100	2,010373316	2349,962
120	22,69806443	320,705
150	134,1678015	88,512

## Prüfling: 3 Platten (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor	schmaler Strahl	
			Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Aufbaufaktor B
50	0,02604449	18910,45	0,00015566	74,0
60	0,053546087	12756,738	0,000198113	119,6
80	0,11583	11677,363	0,001173333	43,7
100	0,799697696	2580,557	0,078	4,5
125	12,49834532	218,247	1,4	4,0
150	60,31754875	62,355	7,2	3,7

## Prüfling: 4 Platten (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor
60	0,063641183	20193,15
70	0,101926262	18989,581
80	0,162700521	16660,166
90	0,273703237	13307,235
100	0,588921124	8021,961
120	6,839683416	1064,288
150	60,44538973	196,467

## Prüfling: 4 Platten (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor	schmaler Strahl	
			Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Aufbaufaktor B
50	0,014612748	33704,339		
60	0,036995478	18463,7	0,000235849	69,4
80	0,07371	18350,143	0,000556604	58,6
100	0,215004608	9598,241	0,012666667	7,5
125	3,929892086	694,097	0,416666667	4,2
150	25,69527577	146,375	3,3	3,4

# TÜV NORD Röntgentechnik

Niedersachsen • Nordrhein-Westfalen • Hamburg • Schleswig-Holstein • Baden-Württemberg  
 Mecklenburg-Vorpommern • Bremen • Sachsen-Anhalt • Berlin • Brandenburg • Sachsen • Thüringen • Bayern • Hessen

- 15 -

## Prüfling: 5 Platten (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor
60	0,037027598	34706,976
70	0,065685814	29466,591
80	0,112728218	24045,601
90	0,165466048	22011,968
100	0,283817409	16645,57
120	2,375730744	3064,067
150	25,03999767	474,264

## Prüfling: 5 Platten (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor	schmaler Strahl	
			Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Aufbaufaktor B
50	0,009940645	49545,379		
60	0,022781426	29983,787	0,000235849	42,7
80	0,045846	29502,88	0,000518868	39,1
100	0,097349309	21198,569	0,003	14,4
125	1,417338129	1924,542	0,125	5,0
150	10,85715877	346,421	1,13	4,3

## Prüfling: 6 Platten (Alu Filter 2,5)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor
60	0,040846069	31462,415
70	0,079275982	24415,175
80	0,120863244	22427,147
90	0,181639421	20051,998
100	0,271991684	17369,29
120	1,180299351	6167,418
150	11,76297565	1009,572

## Prüfling: 6 Platten (Cu Filter)

Röntgenröhrenspannung in kV	Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Schwächungsfaktor	schmaler Strahl	
			Messgröße nach Prüfling in mSv/h	Aufbaufaktor B
50	0,011531148	42711,533		
60	0,026286261	25985,949		
80	0,05427	24923,328	0,000586667	40,9
100	0,092571429	22292,689	0,001333333	30,7
125	0,644244604	4233,993	0,039166667	7,3
150	5,096832869	737,94	0,5	4,5