

KfK 3259 B  
Januar 1982

**Vorschlag für  
Änderungen der Richtlinie  
„Berechnungsgrundlage für die  
Ermittlung der Körperdosis bei  
innerer Strahlenexposition“**

H. Dilger  
Hauptabteilung Sicherheit

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3259 B

Vorschlag für Änderungen der Richtlinie  
"Berechnungsgrundlage für die Ermittlung  
der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition"

H. Dilger

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

**Als Manuskript vervielfältigt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003**

## Zusammenfassung:

Die relativen Ausscheidungsraten im Stuhl werden nach dem Lungen-Modell aus der Veröffentlichung 30 der Internationalen Strahlenschutzkommission von 1979 berechnet und als Tabelle für die verschiedenen Ausscheidungsklassen und verschiedene Aerosoldurchmesser dargestellt. Diese Tabelle soll die in der Richtlinie "Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition" aufgeführte Tabelle 1 und die Abbildung im Anhang 3, die nach einem Modell aus dem Jahre 1973 berechnet wurden, ersetzen.

## Abstract:

Proposal for Modifications of the Rule "Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition".

The relative excretion rates in the feces are calculated in accordance with the lung model contained in publication 30 of 1979 of the International Commission on Radiological Protection and are represented in a table for the different excretion categories and various aerosol diameters. This table is to replace Table 1 in the "Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition" and the figure in Annexe 3, which had been calculated in accordance with a 1973 model.

1. Korrektur der relativen Ausscheidungsrate am 1. Tag

Die in /1/ angegebenen Werte für die relative Ausscheidungsrate zum Zeitpunkt  $t = 1d$  (Tab. 1) beruhen nicht auf dem in /2/ veröffentlichten Modell, sondern auf einem in /3/ dargestellten Vorgängermodell.

AMAD/ $\mu\text{m}$	Werte S (t) zum Zeitpunkt $t = 1$ in $\% \cdot d^{-1}$ Lungenretentionsklasse		
	D	W	Y
0,5	13	42	51
5	40	77	88
10	43	81	93

Tab. 1: Werte für die relative Ausscheidungsrate am 1. Tag nach einer Inkorporation in  $\%/d$  nach /1/

Die größte Veränderung ist die im ICRP 30-Modell von 0,01 auf 0,40 Tage erhöhte biologische Halbwertszeit im Pfad b für die Ausscheidungsklassen W und Y (vgl. Abb. 1)

Region	Compartment	Class					
		D		W		Y	
		T day	F	T day	F	T day	F
N-P ( $D_{N-P} = 0.30$ )	a	0.01	0.5	0.01	0.1	0.01	0.01
	b	0.01	0.5	0.40	0.9	0.40	0.99
T-B ( $D_{T-B} = 0.08$ )	c	0.01	0.95	0.01	0.5	0.01	0.01
	d	0.2	0.05	0.2	0.5	0.2	0.99
P ( $D_P = 0.25$ )	e	0.5	0.8	50	0.15	500	0.05
	f	n.a.	n.a.	1.0	0.4	1.0	0.4
	g	n.a.	n.a.	50	0.4	500	0.4
	h	0.5	0.2	50	0.05	500	0.15
L	i	0.5	1.0	50	1.0	1000	0.9
	j	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	$\infty$	0.1

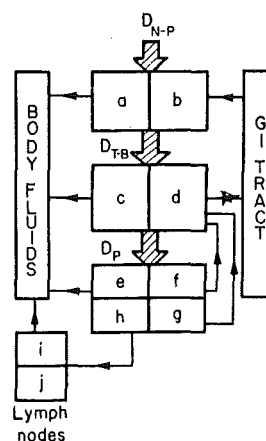


Abb. 1: Ausscheidungsmodell nach /2/

Weiterhin gibt es geringfügige Veränderungen der Ablagerungskurven (vgl. Abb. 2)

Erläuterung der Abkürzungen  
s. S. 3

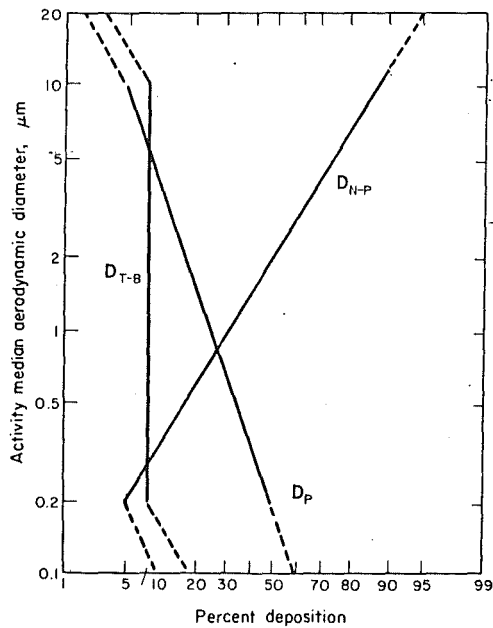


Abb. 2: Ablagerung in den einzelnen Bereichen in % der Zufuhr aus /2/

Für die vorliegenden Berechnungen wurden aus den Originalkurven von Abb. 2 die in Tab. 2 aufgeführten Parameter abgelesen.

Ablagerungsbereich	aktivitätsbestimmter, mittlerer aerodynamischer Durchmesser AMAD <sub>50</sub> in µm	Streuparameter der logarithmischen Normalverteilung σ
N - P	2	0,57
P	2 · 10 <sup>-1</sup>	1,04
T - B	Ablagerung unabhängig vom AMAD gleich 8 %	

Tab. 2: Parameter der Ablagerungskurven aus /2/  
Die Angaben gelten für 2 · 10<sup>-1</sup> µm ≤ AMAD ≤ 10 µm.

Die Lösung des in /2/ angegebenen Systems von gekoppelten Differentialgleichungen für das Aktivitätsinventar, das die Ausscheidung über den Magen-Darm-Trakt bestimmt, lautet:

$$q = Z \left[ D_{NP} \cdot F_b \cdot e^{-\lambda_b \cdot t} + D_{TB} \cdot F_d \cdot e^{-\lambda_d \cdot t} + \frac{D_p \cdot F_f}{\lambda_d - \lambda_f} \left( \lambda_d \cdot e^{-\lambda_f \cdot t} - \lambda_f \cdot e^{-\lambda_d \cdot t} \right) + \frac{D_p \cdot F_g}{\lambda_d - \lambda_g} \left( \lambda_d \cdot e^{-\lambda_g \cdot t} - \lambda_g \cdot e^{-\lambda_d \cdot t} \right) \right]$$

- $q$  = Aktivitätsinventar, das die Ausscheidung über den Magen-Darm-Trakt bestimmt  
 $Z$  = Aktivitätszufuhr  
 $D_{NP}$  = Ablagerung im Nasen-Rachen-Bereich in Anteilen von  $Z$   
 $D_{TB}$  = Ablagerung im Luftröhren-Bronchial-Bereich in Anteilen von  $Z$   
 $D_p$  = Ablagerung im Lungenbereich in Anteilen von  $Z$   
 $F_i$  = Verteilungsfaktor für das Kompartiment  $i$   
 $\lambda_i$  = Ausscheidungskonstante für das Kompartiment  $i$

Für die numerische Berechnung wurden die nach Abb. 1 bzw. nach Tab. 2 zusammengestellte Parameter verwendet.

Die relative Ausscheidungsrate  $S$  zum Zeitpunkt  $t = 1d$  ergibt sich als Differenz des Aktivitätsinventars zum Zeitpunkt  $t = 0d$  und  $t = 1d$

$$S(1) = q(0) - q(1) \quad (2)$$



Ausscheidungs- klasse	AMAD in $\mu\text{m}$	Kompartiment	Ablagerungs- anteil D	Verteilungs- faktor F	Ausscheidungs- konstant $\lambda$ in $\text{d}^{-1}$
D	$5 \cdot 10^{-1}$	b	0,15	0,50	$6,931 \cdot 10^1$
		d	0,08	0,05	3,466
		f	0,35	0,00	-
		g	0,35	0,00	-
D	5	b	0,76	0,50	$6,931 \cdot 10^1$
		d	0,08	0,05	3,466
		f	0,09	0,00	-
		g	0,09	0,00	-
D	$1 \cdot 10^1$	b	0,89	0,50	$6,931 \cdot 10^1$
		d	0,08	0,05	3,466
		f	0,05	0,00	-
		g	0,05	0,00	-
W	$5 \cdot 10^{-1}$	b	0,15	0,90	1,733
		d	0,08	0,50	3,466
		f	0,35	0,40	$6,931 \cdot 10^{-1}$
		g	0,35	0,40	$1,386 \cdot 10^{-2}$
W	5	b	0,76	0,90	1,733
		d	0,08	0,50	3,466
		f	0,09	0,40	$6,931 \cdot 10^{-1}$
		g	0,09	0,40	$1,386 \cdot 10^{-2}$
W	$1 \cdot 10^1$	b	0,89	0,90	1,733
		d	0,08	0,50	3,466
		f	0,05	0,40	$6,931 \cdot 10^{-1}$
		g	0,05	0,40	$1,386 \cdot 10^{-2}$
Y	$5 \cdot 10^{-1}$	b	0,15	0,99	1,733
		d	0,08	0,99	3,466
		f	0,35	0,40	$6,931 \cdot 10^{-1}$
		g	0,35	0,40	$1,386 \cdot 10^{-3}$
Y	5	b	0,76	0,99	1,733
		d	0,08	0,99	3,466
		f	0,09	0,40	$6,931 \cdot 10^{-1}$
		g	0,09	0,40	$1,386 \cdot 10^{-3}$
Y	$1 \cdot 10^1$	b	0,89	0,99	1,733
		d	0,08	0,99	3,466
		f	0,05	0,40	$6,931 \cdot 10^{-1}$
		g	0,05	0,40	$1,386 \cdot 10^{-3}$

Tab. 3: Parameter für die numerische Berechnung von Gl. (1)

In Tab. 4 sind die so berechneten Werte S (1) aufgeführt. Die Ausscheidungs-  
raten liegen für die Klassen W und Y vorallem bei kleinen Aerosoldurch-  
messern deutlich unterhalb den Werten von Tab. 1.

AMAD / $\mu\text{m}$	Ausscheidungsklasse		
	D	W	Y
$5 \cdot 10^{-1}$	8	20	25
5	38	62	71
$1 \cdot 10^{-1}$	45	71	81

Tab. 4: Werte für die relative Ausscheidungsrate am  
1. Tag nach Inkorporation in %/d

Die Werte von Tab. 4 sollten diejenigen von Tab. 1 in /1/ ersetzen.

2. Korrektur der Zeitabhängigkeit der relativen Ausscheidungsrate

In Abschnitt 3.1.2.2 von /1/ ist eine Gleichung zur Abschätzung der zugeführten Aktivität Z angegeben. Die in diese Gleichung eingehende relative Ausscheidungsrate  $S(t)$  ist im Anhang von /1/ graphisch wiedergegeben (vgl. Abb. 3)

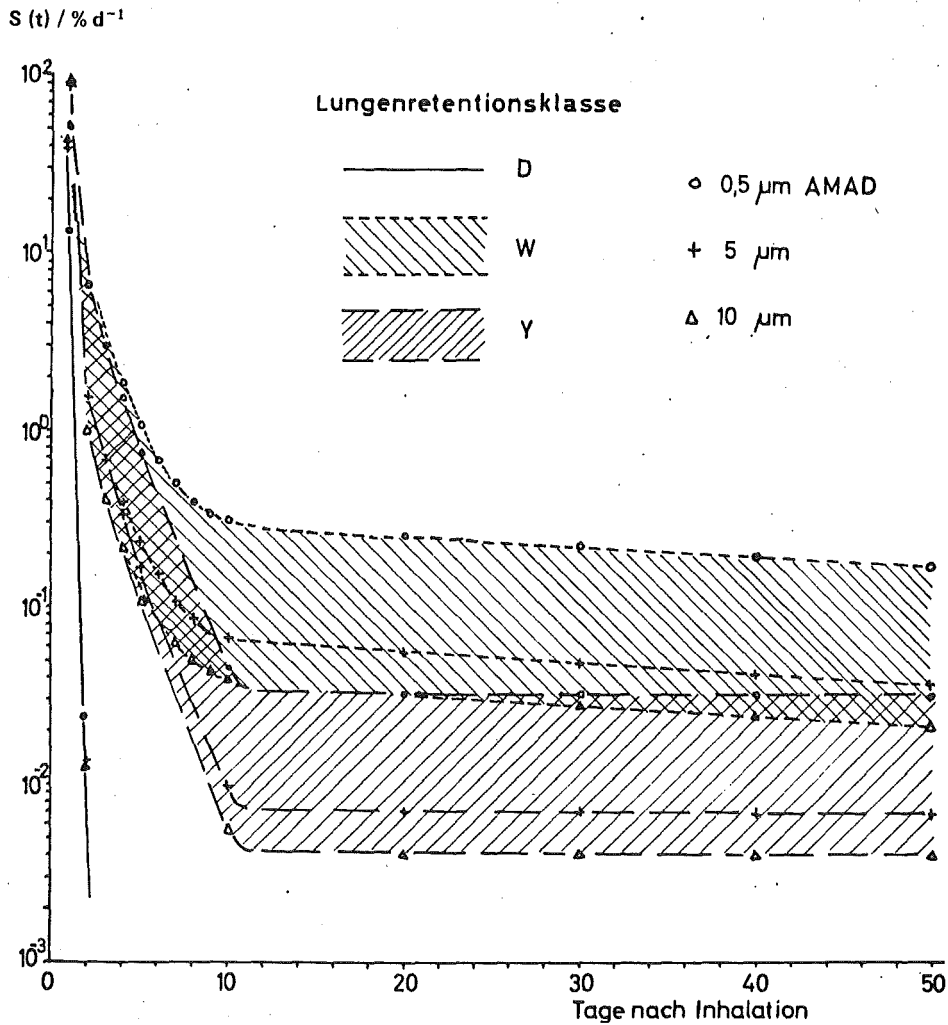


Abb. 3: Relative Ausscheidungsrate für die verschiedenen Ausscheidungsklassen und verschiedene Teilchengrößen nach /1/

Diese Ausscheidungsrate wurde im vorliegenden Bericht nach dem in Abschnitt 1 angegebenen Verfahren für  $t = 1$  bis 60 d berechnet:

$$S(n) = q(n-1) - q(n) \quad (3)$$

Ausscheidungsklassen

Zeit in Tagen	D			W			Y		
	AMAD in $\mu\text{m}$								
	0,5	5	10	0,5	5	10	0,5	5	10
1	-.79E-01	-.38E+00	-.45E+00	-.20E+00	-.62E+00	-.71E+00	-.25E+00	-.71E+00	-.81E+00
2	-.12E-03	-.12E-03	-.12E-03	-.65E-01	-.11E+00	-.12E+00	-.67E-01	-.12E+00	-.14E+00
3	-.38E-05	-.38E-05	-.38E-05	-.27E-01	-.24E-01	-.24E-01	-.26E-01	-.25E-01	-.26E-01
4	-.12E-06	-.12E-06	-.12E-06	-.13E-01	-.64E-02	-.55E-02	-.12E-01	-.63E-02	-.56E-02
5	-.37E-08	-.37E-08	-.37E-08	-.74E-02	-.24E-02	-.17E-02	-.58E-02	-.21E-02	-.15E-02
6	-.12E-09	-.12E-09	-.12E-09	-.46E-02	-.13E-02	-.76E-03	-.30E-02	-.86E-03	-.54E-03
7	0.0	0.0	0.0	-.32E-02	-.83E-03	-.47E-03	-.16E-02	-.42E-03	-.25E-03
8	0.0	0.0	0.0	-.24E-02	-.63E-03	-.35E-03	-.88E-03	-.23E-03	-.13E-03
9	0.0	0.0	0.0	-.21E-02	-.53E-03	-.30E-03	-.54E-03	-.14E-03	-.77E-04
10	0.0	0.0	0.0	-.19E-02	-.48E-03	-.27E-03	-.36E-03	-.94E-04	-.52E-04
11	0.0	0.0	0.0	-.18E-02	-.46E-03	-.25E-03	-.28E-03	-.72E-04	-.40E-04
12	0.0	0.0	0.0	-.17E-02	-.44E-03	-.24E-03	-.24E-03	-.61E-04	-.34E-04
13	0.0	0.0	0.0	-.17E-02	-.43E-03	-.24E-03	-.21E-03	-.55E-04	-.31E-04
14	0.0	0.0	0.0	-.16E-02	-.42E-03	-.23E-03	-.20E-03	-.52E-04	-.29E-04
15	0.0	0.0	0.0	-.16E-02	-.41E-03	-.23E-03	-.20E-03	-.51E-04	-.28E-04
16	0.0	0.0	0.0	-.16E-02	-.41E-03	-.23E-03	-.19E-03	-.50E-04	-.28E-04
17	0.0	0.0	0.0	-.16E-02	-.40E-03	-.22E-03	-.19E-03	-.50E-04	-.28E-04
18	0.0	0.0	0.0	-.15E-02	-.39E-03	-.22E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
19	0.0	0.0	0.0	-.15E-02	-.39E-03	-.22E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
20	0.0	0.0	0.0	-.15E-02	-.38E-03	-.21E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
21	0.0	0.0	0.0	-.15E-02	-.38E-03	-.21E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
22	0.0	0.0	0.0	-.14E-02	-.37E-03	-.21E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
23	0.0	0.0	0.0	-.14E-02	-.37E-03	-.20E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
24	0.0	0.0	0.0	-.14E-02	-.36E-03	-.20E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
25	0.0	0.0	0.0	-.14E-02	-.36E-03	-.20E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
26	0.0	0.0	0.0	-.14E-02	-.35E-03	-.20E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
27	0.0	0.0	0.0	-.14E-02	-.35E-03	-.19E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
28	0.0	0.0	0.0	-.13E-02	-.34E-03	-.19E-03	-.19E-03	-.49E-04	-.27E-04
29	0.0	0.0	0.0	-.13E-02	-.34E-03	-.19E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
30	0.0	0.0	0.0	-.13E-02	-.33E-03	-.19E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
31	0.0	0.0	0.0	-.13E-02	-.33E-03	-.18E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
32	0.0	0.0	0.0	-.13E-02	-.32E-03	-.18E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
33	0.0	0.0	0.0	-.12E-02	-.32E-03	-.18E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
34	0.0	0.0	0.0	-.12E-02	-.32E-03	-.18E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
35	0.0	0.0	0.0	-.12E-02	-.31E-03	-.17E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
36	0.0	0.0	0.0	-.12E-02	-.31E-03	-.17E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
37	0.0	0.0	0.0	-.12E-02	-.30E-03	-.17E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
38	0.0	0.0	0.0	-.12E-02	-.30E-03	-.17E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
39	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.29E-03	-.16E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
40	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.29E-03	-.16E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.27E-04
41	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.29E-03	-.16E-03	-.19E-03	-.48E-04	-.26E-04
42	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.28E-03	-.16E-03	-.18E-03	-.48E-04	-.26E-04
43	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.28E-03	-.15E-03	-.18E-03	-.48E-04	-.26E-04
44	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.27E-03	-.15E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
45	0.0	0.0	0.0	-.11E-02	-.27E-03	-.15E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
46	0.0	0.0	0.0	-.10E-02	-.27E-03	-.15E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
47	0.0	0.0	0.0	-.10E-02	-.26E-03	-.15E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
48	0.0	0.0	0.0	-.10E-02	-.26E-03	-.14E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
49	0.0	0.0	0.0	-.10E-02	-.26E-03	-.14E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
50	0.0	0.0	0.0	-.98E-03	-.25E-03	-.14E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
51	0.0	0.0	0.0	-.97E-03	-.25E-03	-.14E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
52	0.0	0.0	0.0	-.95E-03	-.25E-03	-.14E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
53	0.0	0.0	0.0	-.94E-03	-.24E-03	-.13E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
54	0.0	0.0	0.0	-.93E-03	-.24E-03	-.13E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
55	0.0	0.0	0.0	-.92E-03	-.24E-03	-.13E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
56	0.0	0.0	0.0	-.90E-03	-.23E-03	-.13E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
57	0.0	0.0	0.0	-.89E-03	-.23E-03	-.13E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
58	0.0	0.0	0.0	-.88E-03	-.23E-03	-.13E-03	-.18E-03	-.47E-04	-.26E-04
59	0.0	0.0	0.0	-.87E-03	-.22E-03	-.12E-03	-.18E-03	-.46E-04	-.26E-04
60	0.0	0.0	0.0	-.85E-03	-.22E-03	-.12E-03	-.18E-03	-.46E-04	-.26E-04

Tab. 5: Relative Ausscheidungsraten im Stuhl für die verschiedenen Ausscheidungsklassen und verschiedene Aerosoldurchmesser

\*) Ausscheidungsraten  $< | - 1 \cdot 10^{-10} |$  wurden 0 gesetzt.

In Tab. 5 sind die nach den Gln. (1) und (3) berechneten Werte für die relativen Ausscheidungsraten angegeben. Sie liegen für die Klassen W und Y um ca. eine halbe Zehnerpotenz unterhalb den Werten von Abb. 3. Die Tab. 5 sollte den Anhang 3 in /1/ ersetzen.

- /1/ Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition, GMBI. (1981), S. 322 - 336
- /2/ Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, ICRP 30, Part I, Annals of the ICRP, Vo. 2 No 3/4 (1979), Pergamon Press
- /3/ Inhalation Risk from Radioactive Contaminants, International Atomic Energy Agency, Technical Report Series No 142 (1973)