

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

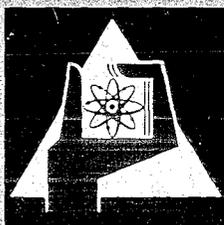
Oktober 1969

KFK 1073

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

Der altersabhängige Inhalations-Dosisfaktor  $g$  von  $J^{131}$

A. Bayer



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.  
KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Oktober 1969

KFK 1073

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

Der altersabhängige Inhalations-Dosisfaktor  $g$  von  $J^{131}$

---

von

A. Bayer

Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Einleitung	2
1. Berechnung der Dosis D und des Dosisfaktors g	3
2. Literaturbekannte Dosisfaktoren für $J^{131}$	5
a) BLÄSSER und WIRTZ / BURNETT	5
b) DINNUNO et al./ ICRP-Committee II	6
c) BEATTIE / COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION	6
d) IAEA / COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION	7
e) ICRP-Committee IV	9
f) MEDICAL RESEARCH COUNCIL / DUNSTER / BEATTIE /BRYANT	10
g) KEREIAKES et al.	11
h) TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS	13
i) HEALTH PHYSICS AND MEDICAL DIVISON, UKAEA	13
3. Diskussion der Daten und Empfehlungen	16
4. Schlußfolgerungen	20
Literaturverzeichnis	22
Tabellen	
Abbildungen	



Abstract

To develop an age-dependent inhalation dose factor  $g$  of  $^{131}\text{I}$  reports are consulted which contain numerical data for the development of the dose factor and partial quantities of the dose factor, respectively. The numerical data are submitted to critical examination and an age-dependent curve is obtained. Simplification provides a convenient use of these data and, finally, the following dose factors are recommended.

Individual dose factor:

0 - 5 years	:	$g = 1,500$	(rem m <sup>3</sup> /C sec)
5 - 15 years	:	$g = 1,000$	"
over 15 years	:	$g = 600$	"

Population dose factor:

$$g_p = 770 \text{ (rem m}^3\text{/C sec)}$$

Zusammenfassung

Zur Bildung eines altersabhängigen Inhalations-Dosisfaktors  $g$  von  $\text{J}^{131}$  werden zunächst Berichte herangezogen, die Zahlenmaterial enthalten, welches zur Bildung des Dosisfaktors oder von Teilgrößen des Dosisfaktors beiträgt. Das gewonnene Datenmaterial wird kritisch gesichtet und daraus eine altersabhängige Dosisfaktorkurve gewonnen. Für einen handlichen Gebrauch der Daten werden diese vereinfacht und schließlich folgende Dosisfaktoren empfohlen.

Individual-Dosisfaktor:

0 - 5 Jahre	:	$g = 1500$	(rem m <sup>3</sup> /C sec)
5 - 15 Jahre	:	$g = 1000$	"
über 15 Jahre	:	$g = 600$	"

Populations-Dosisfaktor:

$$g_p = 770 \text{ (rem m}^3\text{/C sec)}$$

## Einleitung<sup>x)</sup>

Das Spaltproduktinventar eines Kernreaktors stellt für die Umgebungsbevölkerung einer derartigen Anlage ein hohes Gefährungspotential dar. In letzter Zeit orientieren sich Sicherheitsabschätzungen von solchen Kernkraftwerken mehr und mehr an den Jodisotopen und hier besonders am Isotop  $J^{131}$ , das wegen einer hohen Spaltausbeute, der relativ hohen Flüchtigkeit von Jod beim Schmelzen von Brennelementen und wegen seines hohen Schilddrüsen-Dosisfaktors  $g$  ein Hauptrisiko darstellt. Wie Freisetzungsversuche von COLLINS und EGGLETON (1) zeigten, tritt Jod als Mischung von weniger flüchtigen, Jod enthaltenden Teilchen, außerdem als Alkyljodide mit Methyljodid als Hauptkomponente und elementarem Joddampf auf, wobei elementarer Joddampf und Methyljodid die Hauptkomponenten darstellen.

Bisher wurden Sicherheitsuntersuchungen für die Umgebungsbevölkerung meist nur unter Zuhilfenahme von Dosisfaktoren für Erwachsene durchgeführt. Um jedoch zu einer realistischen Abschätzung der radiologischen Gefahren zu gelangen, muß man sich auch über die mögliche Belastung jüngerer Altersgruppen klar werden, zumal Kinder infolge ihrer kleineren Körperabmessungen bei Verabreichung gleicher Mengen radioaktiver Substanz einer höheren spezifischen Strahlendosis ausgesetzt sind. Außerdem deuten Beobachtungen von SAENGER et al. (2) darauf hin, daß Kinder gegenüber Späteffekten empfindlicher sind als Erwachsene.

Im folgenden werden zunächst alle Faktoren dargestellt, die zur Bildung des Inhalations-Dosisfaktors  $g$  von  $J^{131}$  beitragen. Es schließt sich eine Literaturübersicht über die bekanntesten, bisher gemessenen oder errechneten Dosisfaktoren oder Teilgrößen an, wobei besonders auf die Altersabhängigkeit dieser Faktoren geachtet wird. In einem anschließenden Vergleich werden die zitierten Größen diskutiert und eine konservative altersabhängige Dosisfaktorkurve gewonnen. Einige Empfehlungen zum Gebrauch dieser Kurve schließen sich an.

---

<sup>x)</sup> Manuskript zum Druck eingereicht am 31. 10. 1969

1. Berechnung der Dosis D und des Dosisfaktors g

Der Dosisfaktor  $g$  ( $\text{rem m}^3/\text{C sec}$ ) ist per Definition der Zahlenwert der biologischen Dosis  $D$  ( $\text{rem}$ ) (besteht Gefährdung über die Inhalation, so spricht man von der Inhalations-Dosis  $I$  ( $\text{rem}$ )), die ein Individuum im Laufe seines Lebens auf das jeweils kritische Organ erhält, wenn es sich eine Sekunde in einer gasförmigen Wolke des betreffenden Radionuklids der Konzentration  $K$  ( $\text{C/m}^3$ ) aufgehalten hat. Für einen Aufenthalt der Dauer  $t$  ( $\text{sec}$ ) errechnet sich dann die biologische Dosis zu

$$D = g \cdot K \cdot t \quad (1.-1)$$

$$I = g \cdot K \cdot t \quad (1.-1a)$$

bzw.

$$D = g \cdot \int_0^t K(t') dt' \quad (1.-1b)$$

$$I = g \cdot \int_0^t K(t') dt' \quad (1.-1c)$$

Die an einem bestimmten Ort  $r_1(x,y,z)$  herrschende Konzentration  $K$  ( $\text{C/m}^3$ ) ist vom Aktivitätsausfluß  $A_e$  ( $\text{C/sec}$ ) der Quelle am Ort  $r_0(x,y,z)$  und von dem für den Ort  $r_1$  geltenden Ausbreitungsfaktor  $J$  ( $\text{sec/m}^3$ ) der radioaktive Wolke abhängig (3,4,5)

$$K = A_e \cdot J \quad (1.-2)$$

bzw.

$$K(t') = A_e(t') \cdot J \quad (1.-2a)$$

Das über die Zeit  $t$  integrierte Produkt aus Aktivitätsausfluß  $A_e$  ( $\text{C/sec}$ ) und Dosisfaktor  $g$  ( $\text{rem m}^3/\text{C sec}$ ) wird auch als Gefährung  $G$  ( $\text{rem m}^3/\text{sec}$ ) bezeichnet.

$$G = g \cdot A_e \cdot t \quad (1.-3)$$

bzw.

$$G = g \cdot \int_0^t A_e(t') dt' \quad (1.-3a)$$

Dann berechnet sich die biologische Dosis zu

$$D = G \cdot J \quad (1.-4)$$

bzw.

$$I = G \cdot J \quad (1.-4a)$$

Der zur Berechnung der Inhalations-Dosis I nach den Gleichungen (1.-1a) und (1.-1c) notwendige Inhalations-Dosisfaktor g ist proportional

1. der durch Einatmen in das kritische Organ gelangten Aktivität

$$g \sim L \cdot p' \cdot p'' \quad (1.-5)$$

L (m<sup>3</sup>/sec) = Luftumsatz des Menschen

p' = Bruchteil der Aktivität der bei der Einatmung vom Körper aufgenommen wird (Rückhaltefaktor)

p'' = Bruchteil der vom Körper aufgenommenen Aktivität, der in das kritische Organ gelangt

p = p' · p'' = Bruchteil der Aktivität, der durch Einatmung in das kritische Organ gelangt.

2. der Anzahl der im kritischen Organ erfolgten Zerfälle

$$g \sim 3.7 \cdot 10^{10} \cdot \frac{T_{\text{eff}}}{\ln 2} \quad (1.-6)$$

3.7 · 10<sup>10</sup> (1'C·sec) = Anzahl der Zerfälle pro Curie und Sekunde

$\frac{T_{\text{eff}}}{\ln 2}$  (sec) = effektive Lebensdauer des Radionuklids (hier: J<sup>131</sup>) im kritischen Organ, die sich aus der Halbwertszeit des radiologischen Zerfalls T<sub>r</sub> und aus der durch Ausscheidung bedingten biologischen Halbwertszeit T<sub>b</sub> berechnet.

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_r \cdot T_b}{T_r + T_b}$$

3. der biologischen Dosis pro Zerfall

$$g \sim 1.609 \cdot 10^{-8} \frac{U}{m} \quad (1.-7)$$

1.609 · 10<sup>-8</sup>  $\left(\frac{\text{rad} \cdot \text{g}}{\text{MeV}}\right)$  = Umrechnungsfaktor der mittleren Zerfallsenergie E (MeV) in die Energiedosis

$$\text{rad} = \frac{100\text{erg}}{\text{g}}$$

U  $\left(\text{MeV} \cdot \frac{\text{rem}}{\text{rad}}\right)$  = mit der Relativen Biologischen Wirksamkeit (RBW = 1 für β's und γ's) multiplizierte, im kritischen Organ pro Zerfall abgegebene Energie

m (g) = Masse des kritischen Organs

Daraus ergibt sich der Inhalations-Dosisfaktor g

$$g = L \cdot p' \cdot p'' \cdot 3.7 \cdot 10^{10} \cdot \frac{T_{\text{eff}}}{\ln 2} \cdot 1.609 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{U}{m} \quad (1.-8)$$

Der hier aufgezeigte Zusammenhang findet sich mit zum Teil abweichenden Bezeichnungen auch bei BLÄSSER und WIRTZ (6) und in den Empfehlungen des ICRP (Committee II) (7).

Manche Autoren beziehen ihre Berechnungen auf die Energiedosis rad. Da aber beim Zerfall von  $J^{131}$  lediglich Betas und Gammas mit der RBW = 1 auftreten, werden diese wie Biologische Dosen behandelt.

## 2. Literaturbekannte Dosisfaktoren für $J^{131}$

Im folgenden werden die bekannten, bisher in der zugänglichen Literatur veröffentlichten Dosisfaktoren g und ihre Teilgrößen für  $J^{131}$  bezogen auf die Schilddrüse als kritisches Organ aufgeführt und in der Tabelle 1 und den Abbildungen 1 (Luftumsatz L) und 2 (Masse der Schilddrüse m) übersichtlich dargestellt.

### a) BLÄSSER und WIRTZ / BURNETT

BLÄSSER und WIRTZ (6) veröffentlichen in ihrer Tabelle 2.2/1 Zahlenwerte, welche auf BURNETT (8) zurückgehen, der bei der Zusammenstellung seiner Table I die Halbwertszeiten einer Arbeit von WAY et al. (9), die Ausbeute Arbeiten von HOLLANDER et al. (10) und BLOMEKE (11) und die p-Faktoren den Empfehlungen des ICRP (1955) (12) entnahm. Während BURNETT (8) einen Luftumsatz von  $L = 30 \left( \frac{l}{\text{min}} \right) = 5 \cdot 10^{-4} \left( \frac{m^3}{\text{sec}} \right)$  für "moderate activity and the conditions of excitement reasonable associated with reactor accident" verwendet, empfehlen BLÄSSER und WIRTZ (6) einen über den 24 h-Tag gemittelten von RAJEWSKY (13) angegebenen Luftumsatz von  $L = 20 \frac{m^3}{24 \text{ h}} = 2.32 \cdot 10^{-4} \left( \frac{m^3}{\text{sec}} \right)$ . Ersterer L-Wert führt auf einen Faktor von  $g = 482 \text{ (rem } m^3/\text{C sec)}$ , letzterer auf  $g = 223 \text{ (rem } m^3/\text{C sec)}$ .

In der gleichen Arbeit von BLÄSSER und WIRTZ (6) sind in Tabelle 3.1.2/1 nochmals g-Faktoren berechnet, die auf der neueren Isotopen-Tafel von STROMINGER et al. (14) beruhen. Der daraus errechnete Wert beträgt  $g = 210 \text{ (rem } m^3/\text{C sec)}$ .

Bei diesen Arbeiten wird die Masse der Schilddrüse mit  $m = 20 \text{ (g)}$  und der Bruchteil der Aktivität, der durch Einatmung in das kri-

tische Organ gelangt mit  $p = 0.15$  (12) angenommen.

b) DINUNNO et al. / ICRP-Committee II

DINUNNO et al. (15) beziehen sich in ihrer Arbeit vorwiegend auf die Empfehlungen des ICRP-Committee II (1959) (7). Dort wird der Luftumsatz für eine 8 h-Arbeitszeit mit  $L = 10 \text{ m}^3/8 \text{ h} = 3.47 \cdot 10^{-4} (\text{m}^3/\text{sec})$  angenommen, während der Durchschnittsumsatz für einen 24 h-Tag mit  $L = 20 \text{ m}^3/24 \text{ h} = 2.32 \cdot 10^{-4} (\text{m}^3/\text{sec})$  angegeben wird, Daraus errechnen sich g-Faktoren von 513 ( $\text{rem m}^3/\text{C sec}$ ) bzw. 343 ( $\text{rem m}^3/\text{C sec}$ ). Der auch für einen 24 h Tag höhere g-Faktor gegenüber den Angaben von BLÄSSER und WIRTZ beruht, wie aus Tabelle 1 ersichtlich, auf dem größeren Faktor  $p = 0.23$ , während die Schilddrüse mit  $m = 20 \text{ g}$  für einen Standardmenschen von 70 kg (7, Table 8) angenommen wird.

c) BEATTIE / COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION

BEATTIE (16) legt seinen Überlegungen einen Bericht des "COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION" (1959) (17) zugrunde, der sich u.a. mit der Ingestion von Jod befaßt. Dort wird die Masse der Schilddrüse in Abhängigkeit vom Alter wie folgt angegeben

Alter	Masse der Schilddrüse m
0 - 0.5 J	1.8 g
3 J	3.4 "
10 J	9.2 "
Erwachsene	25 "

Aus den täglichen Kalorienanforderungen für Kinder und Erwachsene, die das NRC (18) veröffentlichte, errechnet BEATTIE (16) über den vom ICRP-Committee II (7) für Erwachsene angegebenen Luftumsatz von  $L = 10 \text{ m}^3/8\text{h}$  folgende weitere L-Faktoren

Alter	Luftumsatz L
0.5 J	$0.7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$
3 J	$1.22 \cdot 10^{-4}$ "
10 J	$2.17 \cdot 10^{-4}$ "
ab 20 J	$3.5 \cdot 10^{-4}$ "

Den aus dem ICRP-Committee II (7) entnommenen Wert für  $p' = 0.75$  multipliziert BEATTIE (16) mit den dem Bericht des "COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION" (17) entnommenen Faktoren  $p'' = 0.5$  für Kinder bis  $p'' = 0.3$  für Erwachsene. Die aus seiner Table 14 errechneten g-Faktoren lauten dann

Alter	Dosisfaktor g
0.5 J	1920 rem m <sup>3</sup> /C sec
3 J	1920 "
10 J	1190 "
ab 20 J	438 "

d) IAEA/COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION

In dem Manual "Safety Series No. 18" der IAEA (Wien (19) werden in Table II.5 maximale J<sup>131</sup> Konzentrationen angegeben, die sich auf einen weiteren Bericht des "COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION" (20) stützen. Dort wird die Masse der Schilddrüse angegeben mit

Alter	Masse der Schilddrüse m
0 - 0.5 J	1.8 g
1 J	2.2 "
Erwachsene	25 "

Ausgehend von einem Luftumsatz für Erwachsene von  $20 \text{ m}^3/24 \text{ h} = 830 \text{ l/h}$  werden die L-Faktoren wie folgt angegeben

Alter	Luftumsatz L
0 J	100 l/h = $0.28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$
0.5 J	250 " = $0.7 \cdot 10^{-4}$ "
1 J	330 " = $0.92 \cdot 10^{-4}$ "
Erwachsene	830 " = $2.32 \cdot 10^{-4}$ "

Weiterhin wird angenommen, daß 75 % der eingeatmeten Aktivität die Blutbahn erreicht ( $p' = 0.75$ ) und daß davon bei Kindern 50 % ( $p'' = 0.5$ ) und bei Erwachsenen 30 % ( $p'' = 0.3$ ) in der Schilddrüse abgelagert werden. Die biologische Ausscheidung wird im Vergleich zum radiologischen Zerfall als vernachlässigbar langsam angesehen. Die Durchschnittsenergie, die pro Zerfall von der Schilddrüse absorbiert wird,

wird mit  $E_{\beta} = 0.19$  MeV und  $E_{\gamma} = 0.04$  MeV angegeben. Zwar ist letzterer Wert für Kinder auf Grund der geringeren Drüsenmasse zu hoch angenommen, doch wird dies als vernachlässigbar betrachtet und 0.23 MeV als altersunabhängige Energie U festgelegt.

Unter Berücksichtigung des angegebenen Luftumsatzes ergeben sich dann die Dosisfaktoren wie folgt

Alter	Dosisfaktor g
0 J	769 $\frac{\text{rem} \cdot \text{m}^3}{\text{C} \cdot \text{sec}}$
0.5 J	1920 "
1 J	2080 "
Erwachsene	294 "

In einem jüngeren Report "Safety Series No.21" der IAEA (Wien) (21) wird die Masse der Schilddrüse wie folgt angenommen

Alter	Masse der Schilddrüse m
0 - 0.5 J	2 g
1 J	2,2 g
3 J	3.5 "
10 J	10 "
Erwachsene	25 "

Der Luftumsatz ist wie oben festgelegt. Weiterhin werden folgende Annahmen getroffen:  $U = 0.23$  MeV,  $T_{\text{eff}} = 8$  d,  $p = 0.23$  (7). Daraus errechnen sich folgende Dosisfaktoren

Alter	Dosisfaktor g
0 J	439 $\frac{\text{rem} \cdot \text{m}^3}{\text{C} \cdot \text{sec}}$
0.5 J	1099 "
1 J	1313 "
Erwachsene	294 "

e) ICRP-Committee IV

1968 erschienen Empfehlungen des ICRP Committee IV (22), die zum Teil die Empfehlungen des ICRP-Committee II (7) ersetzen. Bezüglich  $J^{131}$  werden folgende Feststellungen getroffen.

1. Die in der Schilddrüse absorbierte Energie ist 0.2 MeV
2. Als Wahrscheinlichkeit der Übergabe des  $J^{131}$  von der Blutbahn in die Schilddrüse wird weiterhin der Wert  $p'' = 0.3$  empfohlen. Aus der zitierten Literatur wird geschlossen, daß dieser Wert unabhängig vom Alter ist; lediglich während der ersten Lebens-tage kann er zweimal so hoch sein.
3. Als biologische Halbwertszeit wird  $T_b = 100$  d angenommen, was eine effektive Halbwertszeit von 7,4 d zur Folge hat.
4. Die Masse der Schilddrüse ist 20 g (Standardmensch).

Aus diesen Daten wird bei Ablagerung von 1 C  $J^{131}$  in der Schilddrüse eine Dosis von  $5.5 \cdot 10^6$  rem errechnet. Legt man weiterhin  $p = 0.23$  (22, Table 1) zugrunde, so ergibt sich ein  $\frac{G}{L} = 1\,265 \cdot 10^3$  (rem/C), was bei den Luftumsätzen von  $L = 20 \text{ m}^3/24 \text{ h} = 2.32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$  bzw.  $10 \text{ m}^3/8 \text{ h} = 3.47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$  (3) zu den Dosis-faktoren  $g = 293$  (rem  $\text{m}^3/\text{C sec}$ ) bzw. 438 (rem  $\text{m}^3/\text{C sec}$ ) führt.

f) MEDICAL RESEARCH COUNCIL / DUNSTER/BEATTIE/BRYANT

Im Oktober 1968 empfahl das MEDICAL RESEARCH COUNCIL revidierte Werte einiger "Emergency Reference Levels", die jedoch wegen der Unvollständigkeit der Strontiumwerte nur an Regierungsstellen weitergeleitet und noch nicht offiziell veröffentlicht wurden (23).

DUNSTER (24) hat jedoch einen Teil dieser Werte in einem Bericht verarbeitet. Einer maximalen Dosis von 25 (rad) bei  $J^{131}$  werden Konzentrationsintegrale von 0.03 (C sec/m<sup>3</sup>) für ein 0.5 Jahre altes Kind und 0.088 (C sec/m<sup>3</sup>) für Erwachsene unterlegt, woraus sich die g-Faktoren zu 835 (rad m<sup>3</sup>/C sec) und 284 (rad m<sup>3</sup>/C sec) errechnen. DUNSTER bemerkt weiterhin, daß der Wert für ein 0.5 Jahre altes Kind typisch für das erste Lebensjahr angesehen werden kann.

BEATTIE et al. (25) legen der gleichen maximalen Dosis von 25 (rad) für ein 0.5 Jahre altes Kind ein maximales Konzentrationsintegral von 0.015 (C sec/m<sup>3</sup>) zugrunde. Dieser Wert, der einen g-Faktor von 1670 (rem m<sup>3</sup>/C sec) zur Folge hat, entstand durch Halbierung des vom Medical Research Council empfohlenen Wertes von 0.03 und wird von BEATTIE (26) als repräsentativer Mittelwert über den Altersbereich von 0.5 Jahre angesehen.

Erst in neuester Zeit wurden von P.M. BRYANT (27) für  $J^{131}$  und  $Cs^{137}$  die Einzelfaktoren veröffentlicht, die zu jenen Dosisfaktoren führten, welche im Falle von  $J^{131}$  vom MEDICAL RESEARCH COUNCIL zum Gebrauch empfohlen wurden. Nach P.M. BRYANT wird ein 6 Monate altes Kind oft als der am meisten begrenzende Fall betrachtet und stellt außerdem eine vernünftige Mittelwertsituation über das erste Lebensjahr dar.

Es werden folgende Einzeldaten angegeben.

	0.5 J	Erwachsene
m	1.8 g	20 g
$\overline{E}_\beta$	0.172 MeV	0.177 MeV
$\overline{E}_\gamma$	0.007 MeV	0.017 MeV
U	0.18 MeV	0.19 MeV
$T_{eff}$	6.0 d	7.6 d
L	70 cm <sup>3</sup> /sec = 0.7 · 10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /sec	230 cm <sup>3</sup> /sec = 2,3 · 10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /sec
p'	0.75	0.75
p''	0.35	0.3

Die Daten für Erwachsene beruhen im wesentlichen auf den Empfehlungen des ICRP (1959) (7). Für das 6 Monate alte Kind wurden bezüglich Gewicht der Schilddrüse  $m$  und Anteil der von der Blutbahn in die Schilddrüse gelangt  $p$  die Empfehlungen an das MEDICAL RESEARCH COUNCIL (28) übernommen. Die effektive Halbwertszeit  $T_{\text{eff}}$  beruht auf einer persönlichen Mitteilung von E.E. POCHIN, während die effektive Zerfallsenergie  $U$  abgeleitet wurde von Berechnungen der  $\beta$ - und  $\bar{e}$ -Energie nach C.F. BARNABY (29). Der Luftumsatz  $L$  wurde offenbar einer früheren Veröffentlichung des MEDICALRESEARCH COUNCIL (16) entnommen.

g) KEREIAKES et al.

In einem "Plädoyer für ein Standard-Kind" mit dem Untertitel "A Child is not a little Man" haben KEREIAKES et al. (30) für Kinder im Alter von 0, 1, 5, 10 und 15 Jahren eine Reihe von Standard-Daten, ähnlich denen eines Standard-Menschen ausgearbeitet und zusammen mit diesen verglichen. Ihr Anliegen ist es, so betonen die Autoren, einige physikalische und physiologische Unterschiede zwischen Erwachsenen und Kindern aufzuzeigen, um hierdurch die Notwendigkeit einer Charakterisierung einer Gruppe von Standard-Kindern zu zeigen.

Dabei geben sie u.a. folgende Gewichtsdaten an:

Alter	Masse des Körpers	Masse der Schilddrüse $m$
0 J	3 540 g	1.9 g
1 J	12 100 "	2.5 "
5 J	20 300 "	6.1 "
10 J	33 500 "	8.7 "
15 J	55 000 "	15.8 "
Erwachsene	70 000 "	20.0 "

Als biologische Halbwertszeit von  $J^{131}$  in der Schilddrüse wird für Erwachsene ein Zeitraum von 50 d angenommen. Zwar zitieren KEREIAKES et al. eine Arbeit von FISHER und PANOS (31), die für Kinder eine effektive Halbwertszeit von 6 d angeben, aus der sich dann eine biologische Halbwertszeit von etwa 23 d errechnet, doch verwenden sie in An-

betracht der vorliegenden Unsicherheiten auch für Kinder eine biologische Halbwertszeit von 50 d als konservative Abschätzung.

Der Bruchteil der vom Körper aufgenommenen Aktivität, der in das kritische Organ gelangt, wird für Erwachsene mit  $p'' = 0.30$  und für Neugeborene mit  $0.70$  angenommen. Letzterer Wert ist offenbar einer Arbeit von MERRISON et al. (32) entnommen, die den Wert von  $0.75 \pm 0.05$  nach intramuskulärer Injektion maßen, während die Ergebnisse bei Gaben durch den Speisekanal (beide Male trägerfreies  $J^{131}$ ), die für den vorliegenden Bericht von Bedeutung sind, ein  $p'' = 0.5 \pm 0.1$  zeigten.

Die ohne Berücksichtigung des Luftumsatzes  $L$  und des Faktors  $p'$  von KEREIAKES et al. errechnete Dosen  $\frac{g}{L \cdot p'}$ , sind in folgender Tabelle angegeben, Nach Division durch  $p''$  ist die Tabelle durch entsprechende  $\frac{g}{L \cdot p}$  -Werte vervollständigt.

Alter	$\frac{g}{L \cdot p'}$	$\frac{g}{L \cdot p}$
0 J	$32.0 \cdot 10^6 \frac{\text{rad}}{c}$ ( $23.0 \cdot 10^6$ ) +)	$46 \cdot 10^6 \frac{\text{rad}}{c}$
1 J	$10.0 \cdot 10^6$ "	$33 \cdot 10^6$ "
5 J	$4.3 \cdot 10^6$ "	$14 \cdot 10^6$ "
10 J	$3.1 \cdot 10^6$ "	$10 \cdot 10^6$ "
15 J	$1.7 \cdot 10^6$ "	$5.7 \cdot 10^6$ "
Erwachsene	$1.3 \cdot 10^6$ "	$4.3 \cdot 10^6$ "

+) für  $p' = 0.5$  statt  $0.7$

Als Luftumsatz  $L$  wurden von KEREIAKES et al. folgende Werte übernommen, die jedoch nur, wie KEREIAKES et al. betonen, bei sehr ruhiger Atmung (Zwerchfellatmung) erfüllt werden.

Alter	Luftumsatz L
0 J	0.42 l/min = $0.07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$
1 J	1.45 " = $0.24 \cdot 10^{-4} \text{ "}$
10 J	2.67 " = $0.45 \cdot 10^{-4} \text{ "}$
Erwachsene	4.10 " = $0.68 \cdot 10^{-4} \text{ "}$

h) TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS

Etwas ausführlicher mit dem Luftumsatz befaßt sich die TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS (33). Im Anhang II ihres Berichtes empfiehlt sie Daten, die, wie sie betont, mehr als Näherungs-Leitwerte dienen sollen, als invariable Konstanten darstellen.

Folgende Luftumsätze werden angegeben

Alter	Luftumsatz L	
	In Ruhe	Leichte Tätigkeit (Schrittgeschwindigkeit: ca 5 km/h)
10 J	4.8 l/min = $0.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$	14.4 l/min = $2.40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$
30 J (f)	6.0 l/min = $1.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$	18.8 l/min = $3.13 \cdot 10^{-4} \text{ "}$
30 J (m)	7.5 l/min = $1.25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$	20.0 l/min = $3.33 \cdot 10^{-4} \text{ "}$

i) HEALTH PHYSICS AND MEDICAL DIVISION, UKAEA

Seit einiger Zeit laufen bei der HEALTH PHYSICS AND MEDICAL DIVISION der U.K.A.E.A. eine Reihe von Untersuchungen zum Verhalten von Jod und Jodverbindungen bei Inhalation. Wie A. MORGAN et al. (34) berichten, wurden bis zu ihren eigenen Untersuchungen noch keinerlei Jod-Inhalationsexperimente bei Menschen publiziert. In ihrer Veröffentlichung beschreiben sie Inhalationsexperimente an Freiwilligen (Mitglieder der Health Physics and Medical Division, A.E.R.E., Harwell), wobei die Einatmung des Joddampfes, der mit dem Isotop  $J^{132}$  markiert war, durch den Mund erfolgte. Das verwendete Isotop  $J^{132}$  ( $T_{1/2} = 2.26 \text{ h}$ ) hat den Vorteil, daß es nur 1 % der Dosis der Schilddrüse appliziert wie die gleiche Aktivität  $J^{131}$ . Die Beobachtungen ergaben, daß der meiste Joddampf sich in der Rachenhöhle absetzt. Von dort gelangt er mit Hilfe des Speichels durch die Speiseröhre in den Magen und den Dünndarm, wo die Absorption erfolgt.

Quantitativ ergaben sich folgende Zahlenwerte. Bei 6 Versuchspersonen mit sehr ruhiger Atmung und einem mittleren Luftumsatz von  $L = 6.31 \text{ l/min} = 1.05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$  ergab sich ein Rückhaltefaktor von  $p' = 0.992$ . Bei zwei dieser Versuchspersonen wurde daraufhin der Luftumsatz auf ca  $10.3 \text{ l/min} = 1.72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$  gesteigert, was den Rückhaltefaktor auf die Werte  $p' = 0.932$  bzw.  $0.967$  sinken ließ. Die Meßergebnisse, die zur Bestimmung des Anteils der von der Schilddrüse aufgenommenen Menge wurden, zeigen Werte zwischen  $p'' = 0.3$  und  $0.4$ .

A. MORGAN et al. (34) schließen aus den Untersuchungen, daß für die konservativen Annahmen von  $p' = 1$  und  $p'' = 0.4$  nach Inhalation von  $1 \text{ (C) J}^{131}$  als Joddampf durch den Mund unter Berücksichtigung einer fünfständigen Aufbauzeit der Schilddrüse eine Dosis von  $2.3 \cdot 10^6 \text{ rem}$  appliziert würde, d.h.

$$\frac{g}{L} = 2.3 \cdot 10^6 \left( \frac{\text{rem}}{C} \right) \text{ df. } \frac{g}{L \cdot p} = 5.75 \cdot 10^6 \left( \frac{\text{rem}}{C} \right)$$

In einer ähnlichen Arbeit wurden die gleichen Inhalationsversuche mit Methyljodid, wieder mit  $J^{132}$  markiert, von D.J. MORGAN et al. durchgeführt (35), (36). Die Untersuchungen zeigen, daß Methyljodid hauptsächlich von der Lunge zurückgehalten wird. Da sich außerdem das Zeitverhalten des Isotops im Körper nach der Inhalation des organischen Methyljodis und nach der Ingestion von an-organischem Natriumjodid sehr ähnlich verhält, schließen die Autoren, daß Methyljodid in vivo bald die organische Bindung aufgibt und Jodionen entstehen. Quantitativ ergab sich, daß bei 18 Freiwilligen mit einem mittleren Luftumsatz von  $8.5 \text{ l/min} = 1.42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$  ein Rückhaltefaktor von  $p' = 0.53 - 0.92$  ( $\bar{p}' = 0.72$ ) gemessen wurde. Diese steigende Tendenz erklärt sich aus der Tatsache, daß die Anzahl der Atmungen der Versuchspersonen bei gleichbleibendem Luftumsatz von ca 20 Atmungen/min auf 2 Atmungen/min abgesenkt wurde. Versuchsreihen an zwei Einzelpersonen ergaben, daß bei Zunahme der Atemrate von 2 auf 30 bzw. 45 Atmungen/min unter gleichzeitigem Anstieg des Luftumsatzes von 9 l/min auf 12.9 l/min bzw. 5.4 l/min auf 12.5 l/min eine Absenkung des Rückhaltefaktors  $p'$  von 0.92 auf 0.45 bzw. 0.86 auf 0.38 zur Folge hat.

Für  $p''$  wurden experimentell ebenfalls Werte zwischen 0.3 und 0.4 ermittelt.

Für einen Mittelwert von  $p' = 0.72$  und einen konservativen Wert von  $p'' = 0.4$  wird demnach nach Angaben der Autoren unter Berücksichtigung einer fünfstündigen Aufbauzeit bei der Einatmung von 1 (C)  $J^{131}$  als Methyljodid der Schilddrüse eine Dosis von  $1.4 \cdot 10^6$  rem appliziert, d.h.

$$\frac{g}{L} = 1.6 \cdot 10^6 \left( \frac{\text{rem}}{C} \right) \cdot \text{df. } \frac{g}{L \cdot p} = 5.55 \cdot 10^6 \left( \frac{\text{rem}}{C} \right)$$

In einer ergänzenden Mitteilung berichten D.J. MORGAN et al. (37) über Rückhalteversuche mit Äthyljodid, wieder mit  $J^{132}$  markiert, die an den gleichen Freiwilligen vorgenommen wurden. Bei sieben Individuen, bei denen der Rückhaltefaktor für Methyljodid im Bereich  $p' = 0.53-0.82$  ( $\bar{p}' = 0.68$ ) lag, variierte er für Äthyljodid im Bereich  $p' = 0.44 - 0.62$  ( $\bar{p}' = 0.54$ ), d.h. der Rückhaltefaktor für Äthyljodid liegt um einen Faktor von ca 0.8 unter dem für Methyljodid.

Bei einer Versuchsreihe an einer Einzelperson hatte die Zunahme der Atemrate von 2 auf 45 Atmungen/min. eine Absenkung des Rückhaltefaktors von  $p' = 0.78$  auf 0.29 zur Folge, was wiederum um den Faktor 0.8 unter den entsprechenden Versuchsergebnissen mit Methyljodid liegt.

A. Black und R.F. HOUNAM (38) haben an einem neu konzipierten Versuchsapparat die Vorgänge studiert, die bei der Nase-Mund-Atmung von Joddampf, wieder mit  $J^{132}$  markiert, auftreten. Die Einatmung erfolgt durch die Nase, während die Ausatmung durch den Mund erfolgte. Danach wird das nicht absorbierte Jod bestimmt. Die Untersuchungen wurden an drei Freiwilligen durchgeführt. Bei einer Variation des Luftumsatzes zwischen 5 l/min. und 30 l/min. ergaben sich folgende mittlere Rückhaltefaktoren.

Luftumsatz L	p'
5 l/min = $0.83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$	0.992
10 l/min = $1.7 \cdot 10^{-4}$ "	0.935
20 l/min = $3.3 \cdot 10^{-4}$ "	0.83
30 l/min = $5 \cdot 10^{-4}$ "	0.75

Beobachtungen der Autoren ergaben außerdem, daß der größte Teil des Jods sich in der Nase ablagert, wo er infolge des hohen Molekulargewichts nicht in den Luftstrom zurückdiffundiert. Das abgelagerte Jod wird zum Teil sofort durch die Nasenwand in die Blutbahn aufgenommen, oder es gelangt über Transportvorgänge in die Rachenhöhle, wo es geschluckt wird, in den Dünndarm gelangt und von dort aus in die Blutbahn. Über p'' werden keine Angaben gemacht.

### 3. Diskussion der Daten und Empfehlungen

Aus den angeführten Arbeiten, die bis in die neueste Zeit berücksichtigt wurden, werden im folgenden Daten ausgearbeitet, die zu einem altersabhängigen Dosisfaktor g führen sollen.

#### a) Luftumsatz

Bei der Festlegung des Luftumsatzes wird prinzipiell zwischen Tätigkeit und Ruhe unterschieden. Die angeführten Daten sind nochmals übersichtlich in Abb. 1 dargestellt. Im Sinne einer konservativen Abschätzung werden zur Bildung des Dosisfaktors die entsprechenden Luftumsätze bei Tätigkeit herangezogen. Für Erwachsene liegt dieser Luftumsatz bei  $10 \text{ m}^3/8\text{h}$ . Aus Abb. 1 werden insgesamt folgende Daten herangezogen.

Alter	Luftumsatz L
0 J	$0.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$
0.5 J	$0.7 \cdot 10^{-4}$ "
1 J	$0.9 \cdot 10^{-4}$ "
3 J	$1.2 \cdot 10^{-4}$ "
5 J	$1.6 \cdot 10^{-4}$ "
10 J	$2.3 \cdot 10^{-4}$ "
Erwachsene	$3.5 \cdot 10^{-4}$ "

Mit der größten Unsicherheit dürfte der Wert für Neugeborene behaftet sein.

#### b) Rückhaltefaktoren

Der Rückhaltefaktor  $p'$  ist offensichtlich vom Luftumsatz  $L$  abhängig. Aus den zitierten Berichten läßt sich außerdem entnehmen, daß die entsprechenden Rückhaltefaktoren für Alkyljodide kleiner sind als jene für elementaren Joddampf. Im Sinne einer konservativen Abschätzung beschränken wir uns deshalb auf den letzteren, zumal er, wie Freisetzungsversuche bewiesen, auch mit dem größten Anteil auftritt. Während die Rückhalteversuche bei reiner Mundatmung bei einem für unsere Empfehlungen zu niederen Luftumsatz durchgeführt wurden, wurde bei der Nasenmundatmung bei einem Luftumsatz von  $L = 3.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$  ein mittlerer Rückhaltefaktor von  $\bar{p}' = 0.83$  gemessen. Wir empfehlen deshalb einen Wert von  $p' = 0.85$ , der über den bisherigen Empfehlungen von  $p' = 0.75$  liegt. Dieser Wert wird mangels entsprechender Daten für Kinder als altersunabhängig angenommen.

Für den Bruchteil der vom Körper aufgenommenen Aktivität, der in das kritische Organ gelangt, wurde bei den genannten Versuchen ein mittleres  $\bar{p}' = 0.35$  gemessen. Dies gilt für alle Altersstufen mit Ausnahme von Neugeborenen, für die ein  $p' = 0.5$  ermittelt wurde. Für ein 0.5 Jahre altes Kind wird als Übergangswert ein  $p' = 0.4$  angenommen.

Unberücksichtigt bleibt bei diesen Überlegungen zum Beispiel der starke Jodhunger, der sich im Organismus von Schwangeren einstellt (39), die über 1 % der Bevölkerung darstellen. Dieser Jodhunger tritt etwa ab der 14. Schwangerschaftswoche auf (40).

#### c) Effektive Halbwertszeit

Hier entnehmen wir die Werte dem ICRP-Bericht von 1968 (22), in welchem folgende Werte empfohlen werden:

$$T_r = 8d \quad T_b = 100d \quad T_{\text{eff}} = 7.4 d.$$

Außerdem schließen wir uns der Meinung von KEREIAKES et al. (30) an, die in Anbetracht der vorliegenden Unsicherheiten entsprechender Daten bei Kindern für diese die gleiche effektive Halbwertszeit empfehlen wie für Erwachsene.

d) Applizierte Energie

Die Unterschiede zwischen den der Schilddrüse applizierten Zerfallsenergien bei Kindern und Erwachsenen sind nach Berechnungen von BRYANT (27) derart gering, daß sie nach unserer Meinung vernachlässigt werden können. Wir entnehmen als altersunabhängigen Wert die im ICRP-Bericht von 1968 (22) empfohlene Energie von 0.2 MeV.

e) Masse der Schilddrüse

In Abb. 2 sind alle in Abschnitt 2 angeführten Massen der Schilddrüse nochmals dargestellt. Da der Dosisfaktor  $g$  der Masse der Schilddrüse  $m$  umgekehrt proportional ist, werden zur konservativen Abschätzung folgende Werte empfohlen:

Alter	Masse der Schilddrüse $m$
0 J	1.8 g
0.5 J	1.8 "
1 J	2.2 "
3 J	3.4 "
5 J	4.7 "
10 J	8.7 "
15 J	15.8 "
Erwachsene	20 "

f) Dosisfaktor

Aus diesen empfohlenen Daten erhält man schließlich folgende altersabhängige Dosisfaktoren

Alter	Dosisfaktor $g$
0 J	778 rem $m^3/C$ sec
0.5 J	1454 "
1 J	1338 "
3 J	1155 "
5 J	1114 "
10 J	865 "
15 J	642 "
Erwachsene	572 "

Diese Dosisfaktoren sind mit den empfohlenen Einzeldaten nochmals in Tab. 2 zusammengefasst und in Abb. 3 graphisch dargestellt. Es zeigt sich eine starke Altersabhängigkeit, bedingt vor allem durch den Luftumsatz  $L$  und durch die Masse der Schilddrüse  $m$ , wobei letztere die vorherrschende Rolle spielt. Dies zeigt sich im Anstieg des Dosisfaktors zu den jüngeren Jahrgängen hin. Bei Neugeborenen verursacht der jetzt sehr geringe Luftumsatz ein Fallen des Dosisfaktors, was die Bildung eines Maximums im Altersbereich von 0.5 - 1 Jahr zur Folge hat.

Ein Vergleich mit den in Tab. 1 zitierten Dosisfaktoren zeigt, daß für Erwachsene der hier entwickelte Dosisfaktor über den in Tab. 1 angegebenen Werten liegt. Dieser erhöhte Dosisfaktor beruht vor allem auf den durch Experimente belegten höheren  $p'$  und  $p''$  - Faktoren.

Die in Tab. 1 zitierten hohen Dosisfaktoren für Kinder, welche vor allem auf Empfehlungen des "COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION" aus den Jahren 1959 bis 1961 zurückgehen, beruhen auf der Gleichsetzung von radiologischer Halbwertzeit und effektiver Halbwertzeit sowie von Zerfallsenergie und applizierter Energie. Dies wird in diesem Bericht korrigiert.

#### 4. Schlußfolgerungen

Zusammenfassend sind die errechneten Daten an Hand der bisherigen Darstellung unter folgenden Gesichtspunkten zu sehen.

1. Der Dosisfaktor zeigt sich als altersabhängige Größe.
2. Die Einzelfaktoren, die den Dosisfaktor bilden, wurden wie folgt festgesetzt:
  - a) durch Übereinkunft (Luftumsatz L bei Tätigkeit)
  - b) durch lange ärztliche Erfahrung (Masse der Schilddrüse m)
  - c) durch Experimente (z.T. Rückhaltefaktoren  $p'$  und  $p''$ )
  - d) durch Extrapolation mangels experimenteller Ergebnisse oder unsicherer Ergebnisse (Anwendung von  $p'$  und  $T_{\text{eff}}$  für Erwachsene auf jüngere Jahrgänge)
  - e) durch Berechnung (Applizierte Energie U).
3. Die Ungenauigkeiten mit denen die Einzelfaktoren belastet sind, schlagen sich auch auf den Dosisfaktor nieder. Hier weisen die Faktoren für Kinder größere Ungenauigkeiten auf als für Erwachsene.

In Anbetracht dieser Gesichtspunkte und mit dem Ziel eines einfachen Gebrauchs der errechneten Daten wird die in Abb. 3 dargestellte Kurve wie folgt modifiziert.

Für Kinder bis einschließlich des fünften Lebensjahres wird ein einheitlicher Dosisfaktor von  $g = 1500$  (rem  $m^3/C$  sec) empfohlen. Dieser befindet sich in naher Nachbarschaft von dem aus Daten von BEATTIE (25) errechneten Wert  $g = 1670$  (rem  $m^3/C$  sec).

Für Kinder vom 6. - 15. Lebensjahr wird ein Dosisfaktor von  $g = 1000$  (rem  $m^3/C$  sec) und für Jugendliche und Erwachsene ein solcher von  $600$  (rem  $m^3/C$  sec) empfohlen.

Diese empfohlenen Dosisfaktoren sind als Histogramm mit in Abb. 3 dargestellt.

Bei der Berechnung der Gesamtbelastung z.B. einer Wohngegend wird hingegen ein Populations-Dosisfaktor  $g_p$  benötigt. Nach statistischen Unterlagen stellt die erste Altersgruppe ca 10 %, die zweite Altersgruppe ca 20 % und die dritte Altersgruppe ca 70 % der Wohnbevölkerung dar. Daraus errechnet sich ein entsprechender Populations-Dosisfaktor zu

$$g_p = (0.1 \times 1500 + 0.2 \times 1000 + 0.7 \times 600) = 770. \text{ (rem m}^3\text{/C sec)}$$

Literaturverzeichnis

- ( 1) R.D. Collins and A.E.J. Eggleton  
Control of Gas-borne activity arising from reactor faults  
Proceedings of the Third International Conference on the  
Peaceful Use of Atomic Energy 13 (1964) 69-76
- ( 2) E.L. Saenger, R.A. Seltzer, T.D. Sterling and J.G. Kereiakes  
Carcinogenic Effects of  $J^{131}$  Compared with X-Irradiation  
Health Physics 9 (1963) 1371-1384
- ( 3) A. Bayer  
Die Ausbreitung der radioaktiven Wolke und die zu erwartenden  
Inhalationsdosen  
KFK 646, 1967
- ( 4) Safety Series No.29  
Application of Meteorology to Safety at Nuclear Plants  
IAEA, Wien, 1968
- ( 5) A. Bayer  
Die Ausbreitung einer radioaktiven Wolke und die für die  
Gesamtbevölkerung zu erwartenden Dosen  
KFK 868, 1968
- ( 6) G. Blässer und K. Wirtz  
Nukleare Grundlagen für Standort- und Gebäudewahl von Kern-  
reaktoren  
Nukleonik 3 (164-178, 210-231), 1961
- ( 7) Recommendations of the International Commission on Radio-  
logical Protection, Report of Committee II  
Permissible Dose for Internal Radiation  
ICRP Publication 2, Pergamon Press 1959  
  
Deutsche Übersetzung:  
Empfehlung der Internationalen Kommission für Strahlenschutz  
Bericht des Komitees II  
Zulässige Dosis bei Inkorporation von Radionukliden  
Schriftenreihe des BMWF, Heft I-27, Gersbach Verlag, 1966
- ( 8) T.J. Burnett  
Reactors, Hazard vs Power Level  
Nuclear Science and Engineering 2 (382-393), 1957
- ( 9) K. Way, R.W. King, C.L. McGinnis and R.van Lieshout  
Nuclear Level Schemes  
TID 5300, 1955
- (10) J.M. Hollander, I. Perlman and G.T. Seaborg  
Table of Isotopes  
Reviews of Modern Physics 25 (469-651), 1953

- (11) J.O. Blomeke  
Nuclear Properties of U<sup>235</sup> Fission Products  
ORNL 1783, 1955
- (12) Recommendations of the International Commission on  
Radiological Protection, Report of International  
Sub-Committee II  
Permissible Dose for Internal Radiation  
British Journal of Radiology Suppl. 6 (23-59), 1955
- (13) B. Rajewsky  
Strahlendosis und Strahlenwirkung  
Thieme Verlag, 1956
- (14) D. Strominger, J.M. Hollander and G.T. Seaborg  
Table of Isotopes  
Reviews of Modern Physics 30 (585 pp.), 1958
- (15) J.J. DiNunno, F.D. Anderson, R.E. Baker and R.L. Waterfield  
Calculation of Distance Factors for Power and Test Reactor  
Sites  
TID 14844, 1962
- (16) J.R. Beattie  
An Assessment of Environmental Hazard from Fission  
Product Releases  
AHSB(S)R 64, 1963
- (17) Report to the Medical Research Council by its Committee  
on Protection against Ionizing Radiations  
Maximum Permissible Dietary Contamination after the Accidental  
Release of Radiactive Material from a Nuclear Reactor  
British Medical Journal 1, 967-969, April 11, 1959
- (18) Food and Nutrition Board  
Recommended Dietary Allowances  
National Research Council Washington, 1953
- (19) Safety Series No.18  
Environmental Monitoring in Emergency Situations  
IAEA, Wien 1966
- (20) Report to the Medical Research Council by its Committee on  
Protection against Ionizing Radiations  
Maximum Permissible Contamination of Respirable Air after  
an Accidental Release of Radioiodine, Radiostrontium and  
Caesium-137  
British Medical Journal 2 (576-579) Aug. 26, 1961
- (21) Safety Series No.21  
Risk Evaluation for Protection of the Public in Radiation  
Accidents  
IAEA, Wien 1967

- (22) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee IV Evaluation of Radiation Doses to Body Tissues from Internal Contamination due to Occupational Exposure ICRP Publication, 10, Pergamon Press 1968
- (23) H.J. Dunster  
Private Mitteilung, Juli 1969
- (24) H.J. Dunster  
The Application and Interpretation of ICRP Recommendations in the United Kingdom Atomic Energy Authority AHSB (RP) R 78 Second Edition, 1967  
Amendment 1968
- (25) J.R. Beattie, G.D. Bell and J.E. Edwards  
Methods for the Evaluation of Risk  
AHSB (S) R 159, 1969
- (26) J.R. Beattie  
Private Mitteilung, Juni 1969
- (27) P.M. Bryant  
Data Assessments Concerning Controlled and Accidental Releases of  $^{131}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  to Atmosphere  
Health Physics, 17, 51-57 (1959)
- (28) Report to the Medical Research Council by their Committee on Protection against Ionizing Radiations.  
The Exposure of the Population to Radiation from Fallout HMSO (1964)
- (29) C.F. Barnaby  
The Electron Energy Spectrum from  $^{131}\text{I}$   
Health Physics 10, 437-438 (1964)
- (30) J.G. Kereiakes, R.A. Seltzer, B. Blackburn and E.L. Saenger  
Radionuclide Doses to Infants and Children: A Plea for a Standard Child  
Health Physics 11 999-1004 (1965)
- (31) D.A. Fisher and T.C. Panos  
"Due Caution" and Radioiodine in Children  
American Journal of Diseases of Children, 103 (1962) 729-736
- (32) R.T. Morrison, J.A. Birkbeck, T.C. Evans and J.I. Routh  
Radioiodine Uptake Studies in Newborn Infants  
Journal of Nuclear Medicine 4 (1963) 162-166
- (33) Report prepared for Committee II of the ICRP by the Task Group on Lung Dynamics  
Deposition and Retention Models for Internal Dosimetry of the Human Respiratory Tract  
Health Physics 12 (1966) 173-207

- (34) A. Morgan, D.J. Morgan and A. Black  
A Study of the Deposition, Translocation and Excretion  
of Radioiodine Inhaled as Iodine Vapour  
Health Physics 15 (1968) 313-322  
ebenso: Report AERE-R-5235 (1966)
- (35) D.J. Morgan and A. Morgan  
Studies of the Retention and Metabolism of Inhaled  
Methyl Iodide-I  
Retention of Inhaled Methyl Iodide  
Health Physics 13 (1967) 1055-1065  
ebenso: Report AERE-R 4821 (1965)  
Report AERE-R 5117 (1966)
- (36) A. Morgan, D.J. Morgan, J.C. Evans and B.A. Lister  
Studies of the Retention and Metabolism of Inhaled  
Methyl Iodide-II  
Metabolism of Methyl Iodide  
Health Physics 13 (1967) 1067-1074  
ebenso: Report AERE-R 5013 (1965)
- (37) D.J. Morgan, A. Black and G. Mitchell  
Retention of Inhaled Ethyl Iodide Labelled with  
Iodine - 132  
Nature 218 (1968) 1177 - 1178
- (38) A. Black and R.F. Hounam  
Penetration of Iodine Vapour through the Nose and Mouth  
and the Clearance and Metabolism of the Deposited Iodine  
Annals of Occupational Hygiene 11 (1968) 209-225
- (39) E. Rehn  
Über Jod und Radiojod in dem Funktionskreis der Schilddrüse  
W. Spitzner, Ettlingen (1962)
- (40) H. Oeser, H. Billion und P. Kühne  
Die Behandlung der Hyperthyreose mit Radiojod aus:  
H. Schwiegk und F. Turba (Herausgeber)  
Künstliche Radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik  
und Therapie  
Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg (1961)

Tab. 1 Dosisfaktoren und Teilgrößen von Dosisfaktoren

Autor	Alter	$(m^3 L / sec)$	p'	p''	p	$T_r$ (d)	$T_b$ (d)	$T_{eff}$ (d)	$\bar{E}_B$ (MeV)	$\bar{E}_\gamma$	U (MeV)	m (g)	$\frac{g}{(rem m^3 / Csec)}$	$\frac{g}{L} \left( \frac{rem}{C} \right)$	$\frac{g}{L \cdot p} \left( \frac{rem}{C} \right)$
BURNETT (8)	Erw.	$5.0 \cdot 10^{-4}$			0.15	8.1		7.5			0.23	20	482	$0.96 \cdot 10^6$	$6.4 \cdot 10^6$
BLÄSSER-WIRTZ (6) RAJEWSKY (13)	Erw.	$2.32 \cdot 10^{-4}$			0.15	8.1		7.5			0.23	20	223	$0.96 \cdot 10^6$	$6.4 \cdot 10^6$
BLÄSSER-WIRZT (6) STROMINGER et al. (14)	Erw.	$2.32 \cdot 10^{-4}$			0.15	8.1		7.5	0.19	0.39		20	210	$0.91 \cdot 10^6$	$6.1 \cdot 10^6$
DINUNNO et al. (15) ICRP (7)	Erw. Erw.	$2.32 \cdot 10^{-4}$ $3.47 \cdot 10^{-4}$	0.75 0.75	0.3 0.3	0.23 0.23	8 8	138 138	7.6 7.6			0.23 0.23	20 20	343 513	$1.48 \cdot 10^6$ $1.48 \cdot 10^6$	$6.4 \cdot 10^6$ $6.4 \cdot 10^6$
BEATTIE (16) COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION (17)	0.5 J 3 J 10 J Erw.	$0.7 \cdot 10^{-4}$ $1.22 \cdot 10^{-4}$ $2.17 \cdot 10^{-4}$ $3.5 \cdot 10^{-4}$	0.75 0.75 0.75 0.75	0.5 0.5 0.3 0.3				8 8 8 8			0.23 0.23 0.23 0.23	1.8 3.4 9.2 25	1920 1920 1190 438	$27.4 \cdot 10^6$ $15.7 \cdot 10^6$ $5.5 \cdot 10^6$ $1.3 \cdot 10^6$	
IAEA (19) COMMITTEE ON PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION (20)	0 J 0.5 J 1 J Erw.	$0.28 \cdot 10^{-4}$ $0.7 \cdot 10^{-4}$ $0.92 \cdot 10^{-4}$ $2.32 \cdot 10^{-4}$	0.75 0.75 0.75 0.75	0.5 0.5 0.5 0.3				8 8 8 8			0.23 0.23 0.23 0.23	1.8 1.8 2.2 25	769 1920 2080 294	$27.5 \cdot 10^6$ $27.8 \cdot 10^6$ $22.6 \cdot 10^6$ $1.3 \cdot 10^6$	
IAEA (21)	0 J 0.5 J 1 J Erw.	$0.28 \cdot 10^{-4}$ $0.7 \cdot 10^{-4}$ $0.92 \cdot 10^{-4}$ $2.32 \cdot 10^{-4}$			0.23 0.23 0.23 0.23			8 8 8 8			0.23 0.23 0.23 0.23	2 2 2.2 25	439 1099 1313 294	$15.7 \cdot 10^6$ $15.7 \cdot 10^6$ $14.3 \cdot 10^6$ $1.3 \cdot 10^6$	$68 \cdot 10^6$ $68 \cdot 10^6$ $63 \cdot 10^6$ $5.5 \cdot 10^6$
ICRP IV (22)	Erw. Erw.	$2.32 \cdot 10^{-4}$ $3.47 \cdot 10^{-4}$	0.75 0.75	0.3 0.3	0.23 0.23	8 8	100 100	7.4 7.4			0.2 0.2	20 20	293 438	$1.3 \cdot 10^6$ $1.3 \cdot 10^6$	$5.5 \cdot 10^6$ $5.5 \cdot 10^6$

Tab. 1 -Blatt 2-

Autor	Alter	(m <sup>3</sup> L/sec)	p'	p''	p	T <sub>r</sub> (d)	T <sub>b</sub> (d)	T <sub>eff</sub> (d)	$\bar{E}_B$ (MeV)	$\bar{E}_Y$	U (MeV)	m (g)	$\frac{g}{C \text{ sec}}$	$\frac{g}{L}$ (rem/C)	$\frac{g}{L \cdot p}$ (rem/C)	
DUNSTER (24)	0-1 J Erw.												835 284			
BEATTIE (25)	0-5 J												1670			
BRYNAT (27)	0.5 J Erw.	0.7 · 10 <sup>-4</sup> 2.32 · 10 <sup>-4</sup>	0.75 0.75	0.35 0.3	0.26 0.23			6.0 7.6	0.172 0.177	0.007 0.017	0.18 0.19	1.8 20	835 284	11.9 · 10 <sup>6</sup> 1.23 · 10 <sup>6</sup>	46 · 10 <sup>6</sup> 5.4 · 10 <sup>6</sup>	
KEREIAKES et al. (30)	0 J 1 J 5 J 10 J 15 J Erw.	0.07 · 10 <sup>-4</sup> 0.24 · 10 <sup>-4</sup> 0.45 · 10 <sup>-4</sup> 0.68 · 10 <sup>-4</sup>		0.7 (05) 0.3 0.3 0.3 0.3			50 50 50 50 50					1.9 2.5 6.1 8.7 15.8 20				
TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS (33)	10 J 30 J-m 30 J-f 10 J 30 J-m 30 J-f	0.8 · 10 <sup>-4</sup> 1.25 · 10 <sup>-4</sup> 1.0 · 10 <sup>-4</sup> 2.4 · 10 <sup>-4</sup> 3.33 · 10 <sup>-4</sup> 3.13 · 10 <sup>-4</sup>	in Ruhe													
			leichte Tätigkeit													
HEALTH PHYSICS AND MEDICAL DIVISION (34, 35, 36, 37, 38)	Erw. Erw. Erw. Erw. Erw. Erw. Erw.	1.04 · 10 <sup>-4</sup> 1.42 · 10 <sup>-4</sup> 0.83 · 10 <sup>-4</sup> 1.7 · 10 <sup>-4</sup> 3.3 · 10 <sup>-4</sup> 5.1 · 10 <sup>-4</sup>	1. 0.72 0.54 0.992 0.935 0.83 0.75	0.4 0.4	0.4 0.29		Joddampf Methyljodid Äthyljodid Joddampf			Mundatmung Mundatmung Mundatmung Nasenatmung				2.3 · 10 <sup>6</sup> 1.6 · 10 <sup>6</sup>	5.7 · 10 <sup>6</sup> 5.5 · 10 <sup>6</sup>	

Tab. 2 Empfohlene Dosisfaktoren und Teilgrößen von Dosisfaktoren

Alter	$\frac{L_3}{m \text{ sec}}$	p'	p''	$T_r$ (d)	$T_b$ (d)	$T_{eff}$ (d)	U (MeV)	m (g)	$\frac{g}{rem \text{ m}^3 \text{ C sec}}$	$\frac{g}{L}$ (rem C)	$\frac{g}{L \cdot p}$ (rem C)
0 J	$0.3 \cdot 10^{-4}$	0.85	0.5	8	100	7.4	0.2	1.8	778	$25.9 \cdot 10^6$	$60.9 \cdot 10^6$
0.5 J	$0.7 \cdot 10^{-4}$	"	0.4	"	"	"	"	1.8	1454	$20.8 \cdot 10^6$	$61.2 \cdot 10^6$
1 J	$0.9 \cdot 10^{-4}$	"	0.35	"	"	"	"	2.2	1338	$14.9 \cdot 10^6$	$50.1 \cdot 10^6$
3 J	$1.2 \cdot 10^{-4}$	"	"	"	"	"	"	3.4	1155	$9.6 \cdot 10^6$	$32.3 \cdot 10^6$
5 J	1.6	"	"	"	"	"	"	4.7	1114	$7.0 \cdot 10^6$	$23.5 \cdot 10^6$
10 J	2.3	"	"	"	"	"	"	8.7	865	$3.8 \cdot 10^6$	$12.8 \cdot 10^6$
15 J	3.1	"	"	"	"	"	"	15.8	642	$2.1 \cdot 10^6$	$7.3 \cdot 10^6$
Erwachsene	3.5	"	"	"	"	"	"	20	572	$1.6 \cdot 10^6$	$5.4 \cdot 10^6$

Abb.1 Luftumsatz L als Funktion des Alters

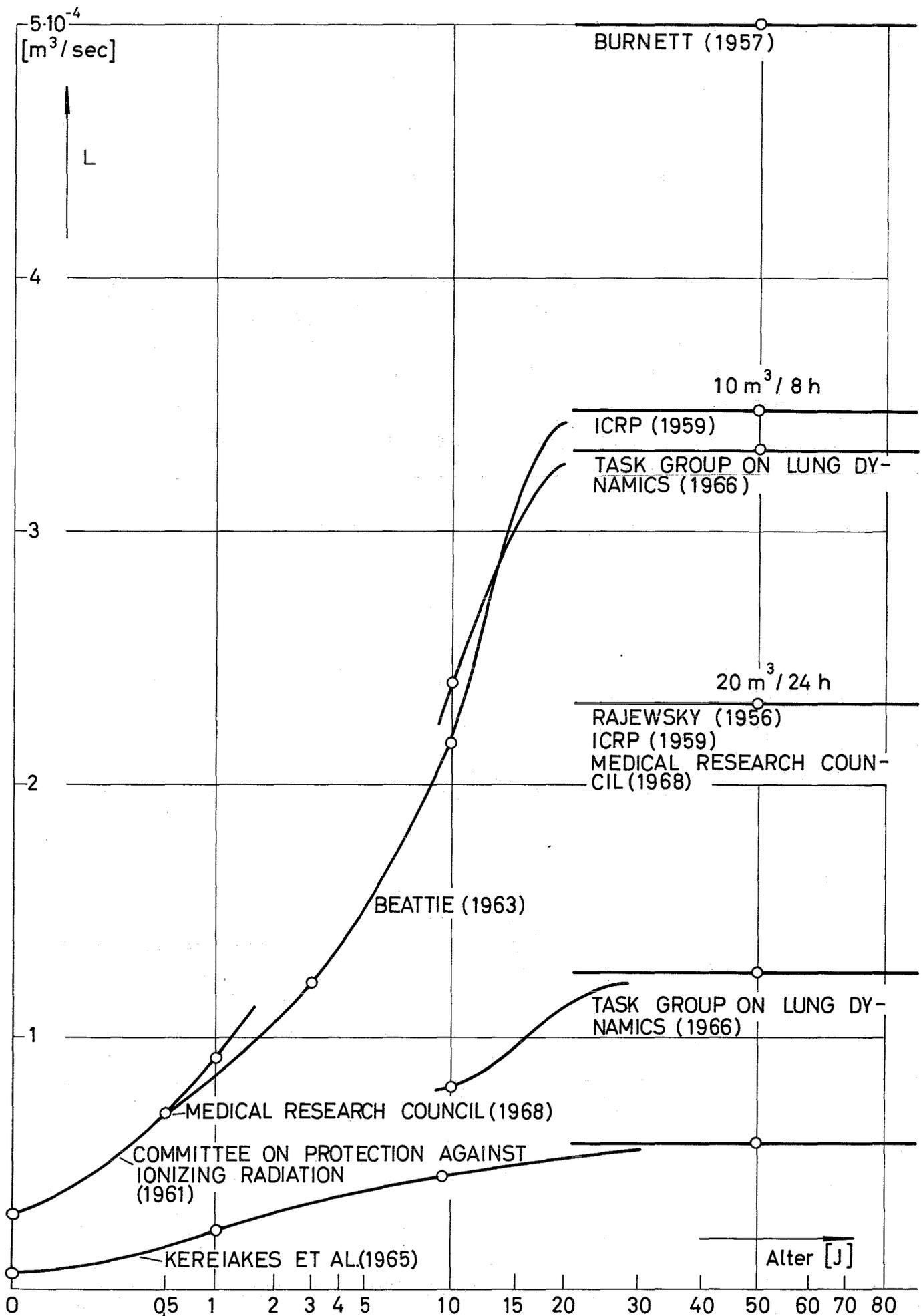


Abb.2 Masse der Schilddrüse m als Funktion des Alters

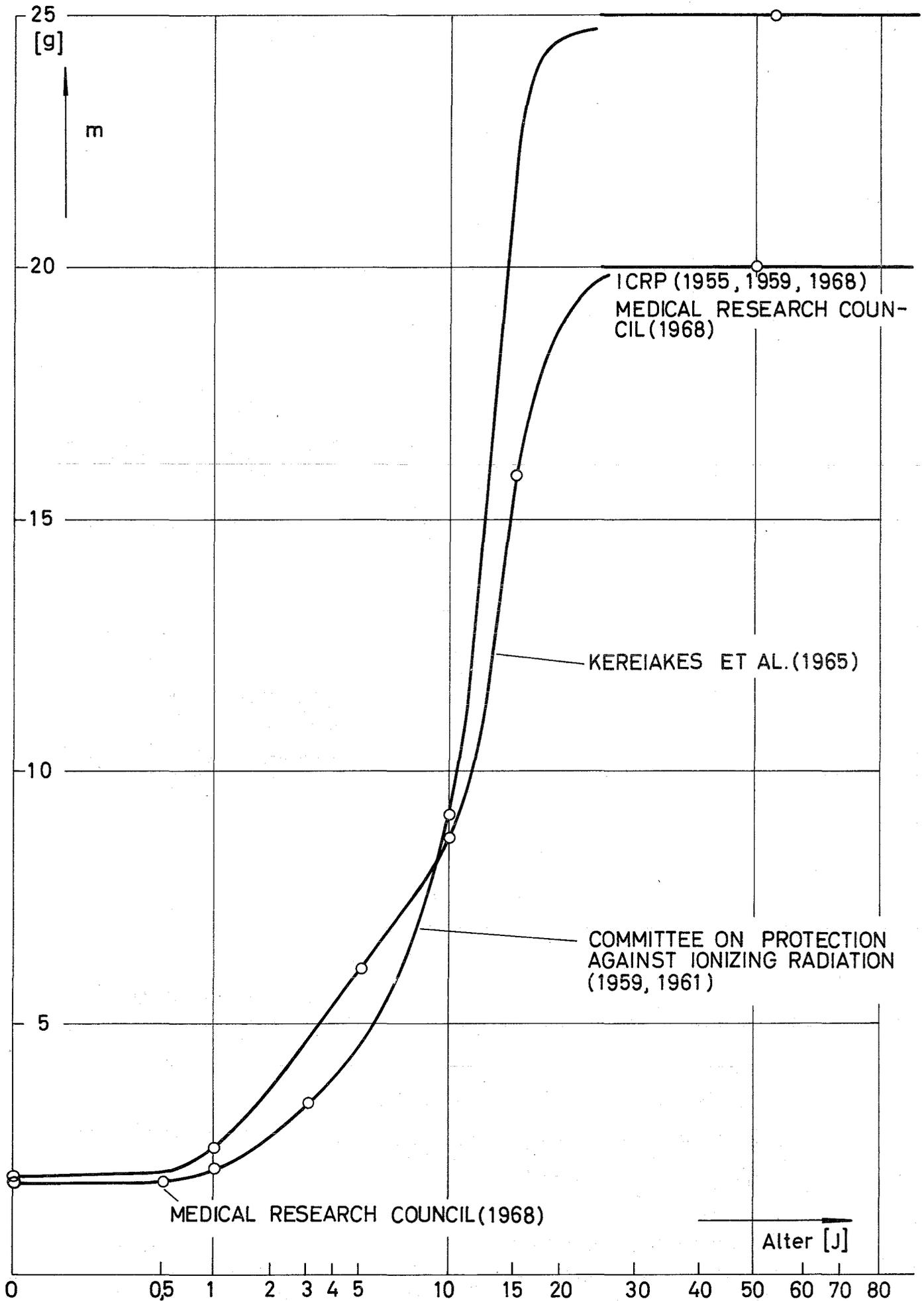


Abb. 3 Inhalations - Dosisfaktor  $g$  von  $J^{131}$  als Funktion des Alters

