Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn
http://www.ssk.de

Anforderungen an Personendosimeter

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Die Empfehlung ersetzt die gleichnamige Empfehlung der Strahlenschutzkommission aus dem Jahr 2002 (Bundesanzeiger Nr. 112 vom 21.06.2003)

Verabschiedet in der 247. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 24./25. Februar 2011

INHALT

1 Vorwort....3
2 Anwendungsbereich....3
3 Dosimeterart, Messgröße und Messzweck....4
4 Allgemeine Eigenschaften und Hinweise....5
5 Dosimetrische Eigenschaften....6
6 Zulässige Messabweichung der Personendosis....7
7 Literatur....11

1 Vorwort

Diese Empfehlung enthält die physikalisch-technischen Mindestanforderungen an Personendosimeter, die bei der Entwicklung, der Herstellung, der Prüfung, bei Ausgabe und Auswertung zu Grunde zu legen sind. Die Anforderungen sind an den Erfordernissen des praktischen Strahlenschutzes bei äußerer Strahlenexposition ausgerichtet und berücksichtigen die Empfehlungen der ICRP (ICRP 1997), der EU (EC 2009) sowie der IAEA (IAEA 1999). Diese Anforderungen ergänzen die existierenden technischen Normen und Bauartanforderungen.

Die Empfehlung ersetzt die gleichnamige Empfehlung der SSK aus dem Jahr 2002 (Bundesanzeiger Nr. 112 vom 21.06.2003, die ihrerseits eine Überarbeitung der gleichnamigen Empfehlung der SSK aus dem Jahr 1993 (Bundesanzeiger Nr. 207 vom 03.11.1993) ist.

2 Anwendungsbereich

Diese Empfehlung bezieht sich auf Personendosimeter, die im Rahmen der physikalischen Strahlenschutzkontrolle nach der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung zur Messung der Personendosis eingesetzt werden.

Personendosimeter im Sinne dieser Empfehlung werden nach ihrer Anwendungsart in amtliche und betriebliche Dosimeter unterschieden.

Amtliche Personendosimeter sind,

- *amtliche passive Dosimeter*, die bei einer durch die zuständige Behörde bestimmten Messstelle angefordert werden können und durch diese ausgewertet werden oder
- *amtliche elektronische Dosimeter*, die beim Anwender Ergebnisse erzeugen, die von einer durch die zuständige Behörde bestimmten Messstelle zusammengefasst und zu einer amtlichen Dosis verarbeitet werden. Die Messstelle muss der Verwendung eines solchen Systems als amtliches Dosimeter zugestimmt haben.

Die Verwendung als amtliches Personendosimeter bedarf der Zustimmung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Abstimmung mit dem Länderausschuss für Atomkernenergie, Fachausschuss Strahlenschutz und dem Länderausschuss Röntgenverordnung (RL 2002).

Betriebliche Personendosimeter sind solche,

- deren Verwendung von der zuständigen Behörde angeordnet wird oder
- die den zu überwachenden Personen auf deren Verlangen zur Verfügung zu stellen sind.

Betriebliche Personendosimeter werden vom Strahlenschutzverantwortlichen oder Strahlenschutzbeauftragten einer Einrichtung oder Anlage ausgegeben und ausgewertet.

Der Begriff *Personendosimeter* wird in dieser Empfehlung in einem weiten Sinn verwendet. Es kann sich dabei sowohl um den Teil des Dosimetriesystems handeln, der von der Person getragen wird (Dosimetersonde), um ein Auswerte- und Anzeigegerät als auch um das vollständige Dosimetriesystem. Die jeweilige spezifische Bedeutung ergibt sich aus dem Zusammenhang.

3 Dosimeterart, Messgröße und Messzweck

Ein Personendosimeter liefert Messwerte der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ oder Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$[1] und wird an einer für die Exposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche einer Person getragen. Es soll die in den Kapiteln 4 und 5 angegebenen Eigenschaften besitzen. Messungen mit diesem Dosimeter dienen der Bestimmung der Personendosis zur Kontrolle der Exposition und Einhaltung von Grenzwerten der Körperdosis. Je nach Art der Körperdosis (effektive Dosis, lokale Hautdosis, Organdosis für Hände, Unterarme, Füße und Knöchel bzw. der Augenlinse), dem daraus folgenden Messzweck (Bestimmung von Ganz- oder Teilkörperexposition) sowie der entsprechenden Messgröße sind unterschiedliche Arten von Dosimetern einzusetzen (Tabelle 1).

Tab. 1: Zuordnung von Körperdosen, Messgrößen und Dosimeterarten

Art der Körperdosis	Messgröße	Art des Dosimeters
effektive Dosis	$H_p(10)$	Ganzkörperdosimeter
lokale Hautdosis	$H_p(0,07)$	Teilkörperdosimeter
Organdosis der Augenlinse[1]		
Organdosis der Hände, Füße, Unterarme und Knöchel		

Ganzkörperdosimeter werden am Rumpf getragen, Teilkörperdosimeter an dem zu überwachenden Körperteil.

Die Bestimmung von $H_p(0,07)$ mit einem Ganzkörperdosimeter ist nicht erforderlich, da

a) der Beitrag der Hautdosis (gemittelt über den ganzen Körper) zur effektiven Dosis sehr gering ist und

b) die lokale Hautdosis an der repräsentativen Stelle zu messen ist. Dies ist nur in den seltensten Fällen der Rumpf.

Die Auswahl eines geeigneten Dosimeters wird weiterhin durch folgende Kriterien bestimmt:

– die Art der zu messenden Strahlung (Photonen-, Neutronen- und Elektronen-/Betastrahlung), im Folgenden bestimmungsgemäße Strahlenart genannt,

– das Ziel der Überwachung (amtlicher Nachweis der Einhaltung von Körperdosisgrenzwerten oder betriebliche Überwachung der Strahlenexposition mit kurzfristiger Verfügbarkeit der Dosismesswerte auch für bestimmte Tätigkeiten) sowie

– die Länge des Überwachungszeitraumes: Kurzzeit- ($\leq$ 1 Arbeitstag) und Langzeitüberwachung (1 bis 3, in Ausnahmefällen bis zu 6 Monate).

Für die betriebliche Überwachung werden häufig Dosimeter eingesetzt, mit denen die Personendosis jederzeit feststellbar ist (z. B. elektronische Dosimeter). Diese verfügen neben der Personendosismessung oft über weitere Funktionen wie die Messung der Dosisleistung und/oder zusätzliche Warnfunktionen. Sie stellen eine besondere Gerätebauart dar, die eine Reihe spezieller Anforderungen erfüllen müssen, welche über die in den Abschnitten 4 und 5 angegebenen Eigenschaften hinausgehen. Diese Forderungen werden in (IEC 2010) festgelegt und sind nicht Gegenstand dieser Empfehlung. Werden elektronische Dosimeter für die amtliche Überwachung eingesetzt, sind weitere Anforderungen bei der Übertragung der Mess-

[1] Zur Messung der Augenlinsendosis könnte künftig die Einführung von $H_p(3)$ erforderlich werden (SSK 2011).

werte an die durch die zuständige Behörde bestimmte Messstelle zu beachten (z. B. Datensicherheit und Datenschutz).

4 Allgemeine Eigenschaften und Hinweise

Vorrangige Aufgabe eines Personendosimeters ist die Messung von $H_p(10)$ oder $H_p(0{,}07)$. Darüber hinausgehende Angaben über die Expositionsbedingungen (z. B. Energie und Richtung der Strahlung) sind von Vorteil, werden jedoch nicht durch spezielle Anforderungen im Rahmen dieser Empfehlung erfasst.

Personendosimeter sollen unabhängig vom jeweiligen Messzweck und der Bauart folgende Forderungen erfüllen:

a) Zuordnung der Dosimetersonde

Das Dosimeter besitzt eine unlöschbare, unverwechselbare und auch durch den Anwender erkennbare Kennzeichnung, die für den jeweiligen Überwachungszeitraum eine eindeutige Zuordnung zur überwachten Person und, falls erforderlich, zum Auswertegerät gewährleistet.

b) Fehlbedienungs- und Manipulationssicherheit

Durch geeignete Vorkehrungen soll gewährleistet werden, dass Fehlbedienungen und Manipulationen an dem Dosimeter soweit wie möglich und vertretbar verhindert, erschwert und erkannt werden. Hierzu gehört auch die Kennzeichnung der richtigen Trageweise.

c) Betriebssicherheit

Funktionsfehler eines Dosimeters oder von Auswertegeräten, die zu Fehlmessungen oder zum Verlust von Messwerten führen können, sollen eine automatische Unterbrechung des Mess- bzw. Auswertevorganges hervorrufen und alarmieren. Sofern die Dosimeterbauart dies nicht erlaubt, sollen Funktionsfehler beim Ablesen oder Auswerten erkennbar sein.

d) Messzeit

Es soll ein Zeitraum (maximale Messzeit) zwischen Ausgabe oder Regenerierung eines Personendosimeters und dessen Auswertung oder Ablesung angegeben werden, in dem die zulässigen Messabweichungen (DIN 1995) im Nenngebrauchsbereich der Mess- und Einflussgrößen (Tab. 2 bis 4) nicht überschritten werden. Für amtliche Personendosimeter darf dieser Zeitraum nicht weniger als drei Monate betragen.

e) Auswertungszeit

Amtliche Dosimeter müssen innerhalb eines Arbeitstages nach Eingang in der Messstelle, betriebliche Dosimeter in einer dem Messzweck entsprechenden Zeit ausgewertet werden können, sofern keine direkte Ablesung der Personendosis möglich ist.

f) Umgebungsbedingungen

Die Anforderungen an die Messabweichung von Personendosimetern gemäß Kapitel 6 sind unter allen im bestimmungsgemäßen Einsatz möglichen mechanischen Belastungen (Stoß, Vibration), klimatischen Bedingungen und unter Einwirkung elektromagnetischer Felder einzuhalten. An den Händen getragene Dosimeter (Fingerringdosimeter) zur Ermittlung der Teilkörperdosis sollen mechanisch ausreichend stabil, wasserdicht und desinfizierbar oder sterilisierbar sein.

Weiter wird darauf hingewiesen, dass bei Feststellung von Kontaminationen am Dosimeter eine mögliche Auswirkung auf den Messwert zu berücksichtigen ist.

5 Dosimetrische Eigenschaften

Ein Personendosimeter hat entsprechend dem vorgesehenen Messzweck nach Tabelle 1 für die Messung der am Arbeitsplatz vorhandenen Strahlungsfelder geeignet zu sein und dem Stand der Technik zu entsprechen. Die Anwendung eines Personendosimeters kann auf eine oder mehrere Strahlungsarten (Photonen-, Beta- bzw. Neutronenstrahlung) beschränkt werden (bestimmungsgemäße Strahlungsart). Für Strahlungsarten, für deren Messung ein Dosimeter nicht bestimmt ist, hat es entweder hinreichend unempfindlich zu sein oder es ist sicherzustellen, dass es in Feldern mit solchen Strahlungsarten nicht verwendet wird.

Vor dem Einsatz eines Dosimeters in gepulsten Strahlungsfeldern ist dessen Eignung entsprechend den Anforderungen an die Bauartzulassung (PTB 2007) zu prüfen.

Für die bestimmungsgemäßen Strahlungsarten gelten die in den Tabellen 2 bis 4 angegebenen Bereiche der Mess- und Einflussgrößen im Sinne von Mindestanforderungen, die sich an den im Strahlenschutz vornehmlich vorkommenden Expositionsbedingungen orientieren (im Folgenden *Mindest-Messbereiche bzw. -Nenngebrauchsbereiche* genannt). In diesen Bereichen sind die Anforderungen an die *Messabweichung* der Personendosis (Kapitel 6) zu erfüllen. In einem Bauartzulassungsverfahren müssen mindestens diese Bereiche geprüft werden, der Hersteller darf auch darüber hinausgehende Bereiche zur Prüfung anmelden. Die maximalen Prüfbereiche sind durch die Eichordnung festgelegt. Wird ein Dosimeter außerhalb der zugelassenen Nenngebrauchsbereiche eingesetzt, ist der Strahlenschutzbeauftragte verpflichtet, Informationen über das Ansprechvermögen einzuholen und die Eignung des Dosimeters zu beurteilen. Dazu sollte der Hersteller möglichst weitreichende Informationen bereitstellen, insbesondere sollte das Ansprechvermögen außerhalb des Nenngebrauchsbereiches der Strahlungsenergie abgeschätzt werden können.

Tab. 2: Mindest-Nenngebrauchsbereiche für Einflussgrößen, gültig für alle Arten von Personendosimetern

Einflussgröße	Mindest-Nenngebrauchsbereich
Dosisleistung	100 nSv/h bis 1 Sv/h
Umgebungstemperatur	– 10°C bis + 40°C
Relative Luftfeuchte	40 % bis 90 %

Tab. 3: Mindest-Messbereiche bzw. -Nenngebrauchsbereiche der Mess- und Einflussgrößen für Ganzkörperdosimeter

Mess- bzw. Einflussgröße	Photonenstrahlung Mindest-Messbereich bzw. -Nenngebrauchsbereich	Neutronenstrahlung Mindest-Messbereich bzw. -Nenngebrauchsbereich
Dosis	0,1 mSv bis 1 Sv	0,1 mSv bis 1 Sv
Strahlungsenergie	20 keV bis 150 keV oder 80 keV bis 1,25 MeV	1 keV bis 1,5 MeV oder 1,5 MeV bis 15 MeV
Strahleneinfallswinkel	0° bis ± 60°	0° bis ± 60°

Tab. 4: Mindest-Messbereiche bzw. -Nenngebrauchsbereiche der Mess- und Einflussgrößen für Teilkörperdosimeter

Mess- bzw. Einflussgröße	Photonenstrahlung Mindest-Messbereich bzw. -Nenngebrauchsbereich	Betastrahlung Mindest-Messbereich bzw. -Nenngebrauchsbereich
Dosis	1 mSv bis 10 Sv	1 mSv bis 10 Sv
Strahlungsenergie	30 keV bis 250 keV	0,2 MeV bis 0,8 MeV *)
Strahleneinfallswinkel	0° bis ± 60°	0° bis ± 60°

*) Mittlere Energie der Betastrahlung

Sofern es sich um eine zulassungspflichtige Dosimeterbauart nach Eichordnung handelt, gelten darüber hinaus die jeweiligen Bauartanforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB). Falls für andere Bauarten DIN-Normen existieren, beschreiben diese den Stand der Technik.

6 Zulässige Messabweichung der Personendosis

Die in den Kapiteln 4 und 5 genannten Einflussgrößen tragen zur Gesamtmessunsicherheit bei der Bestimmung der Personendosis bei. Einen weiteren Beitrag dazu liefern die mit der Dosimeterkalibrierung verbundenen Unsicherheiten.

Die maximal zulässige Messabweichung eines Personendosimeters in Abhängigkeit von der Dosis wurde unter Berücksichtigung der ICRP-Empfehlung Nr. 75 (ICRP 1997) in Verbindung mit den Normen (IEC 2010) und (DIN 2008) spezifiziert.

Bei Ganzkörperdosimetern zur Messung von $H_p(10)$ darf z. B. bei einem Überwachungszeitraum von einem Monat und bei einer Dosis oberhalb von etwa 4 mSv der Messwert H_{pm} der Personendosis nicht größer als das 1,67-fache und nicht kleiner als das 0,71-fache des wahren Wertes H_{pw} der Personendosis sein (s. Abb. 1). Ebenfalls darf der über einen Zeitraum von 12 Monaten summierte Messwert H_{pm} (Jahresdosis) nicht größer sein als das 1,67-fache und nicht kleiner sein als das 0,71-fache des wahren Wertes H_{pw}, falls diese Summe 4 mSv überschreitet. Diese Faktoren ergeben sich aus der symmetrischen Begrenzung des inversen Ansprechvermögens von ± 40 %. Für Teilkörperdosimeter zur Messung von $H_p(0{,}07)$ gilt entsprechendes oberhalb von etwa 30 mSv (s. Abb. 2), wenn die Organdosis für die Augenlinse zu bestimmen ist[1], und oberhalb von etwa 100 mSv, wenn die lokale Hautdosis sowie die Organdosis der Hände, Unterarme, Füße oder Knöchel zu bestimmen ist.

Hinweis:

Besondere Bedeutung in der Personendosisüberwachung haben Dosimeter, mit denen die über einen Monat akkumulierte Personendosis gemessen wird. Bereits die natürliche Umgebungsstrahlung verursacht jedoch Personendosismesswerte von im Mittel 2 µSv pro Tag, entsprechend 0,06 mSv pro Monat, wobei die Unterschiede von Ort zu Ort von gleicher Größenordnung sein können. Wird noch berücksichtigt, dass der Transport von und zu der Messstelle weitere Zeit benötigt, so ist ein Wert von 0,1 mSv als untere Grenze des Messbereiches eines Ganzkörperdosimeters zur Messung von $H_p(10)$ angemessen. Für Teilkörperdosimeter zur Messung von $H_p(0{,}07)$ ist hinsichtlich der unteren Messgrenze eine Unterscheidung zwischen Personendosimetern zur Messung der Organdosis für die Augenlinse und solchen zur Messung der lokalen Hautdosis sowie der Organdosen der Hände, Unterarme, Füße oder Knöchel nicht sinnvoll. Auf Grund der für diese Organe mehr als 10-fach höheren Grenzwerte ist bei Teilkörperdosimetern zur Messung von $H_p(0{,}07)$ eine untere Messbereichsgrenze von 1 mSv angemessen.

Bei Messungen über kürzere Zeiträume als einen Monat (z. B. bei täglicher Dosisauswertung) ist darauf zu achten, dass bei einer Summation über einen Monat die unteren Messbereichsgrenzen von 0,1 mSv für Ganzkörperdosimeter und 1 mSv für Teilkörperdosimeter eingehalten werden.

Diese unteren Messbereichsgrenzen werden daher im Folgenden als kleinste anzugebende Werte H_{p0} interpretiert. Bei diesen Werten ist eine relative Abweichung des Messwertes H_{pm} vom wahren Wert H_{pw} von ± 100 % erlaubt. Mit zunehmenden Messwerten der Personendosis nimmt die maximal zulässige relative Messabweichung gemäß der Bedingung (1) ab, so dass bei hohen Werten (d. h. für $H_{pw} >> H_{p0}$) der Quotient H_{pm}/H_{pw} nur noch im Intervall von 0,71 bis 1,67 liegen darf:

$$\frac{1}{1{,}4}\left(1-\frac{2H_{p0}}{H_{p0}+H_{pw}}\right)\leq\frac{H_{pm}}{H_{pw}}\leq\frac{1}{0{,}6}\left(1+\frac{H_{p0}}{4H_{p0}+H_{pw}}\right). \qquad (1)$$

Dabei ist:

H_{pm} Messwert der Personendosis,

H_{pw} wahrer Wert der Personendosis,

[1] Zur Messung der Augenlinsendosis könnte künftig die Einführung von $H_p(3)$ erforderlich werden (SSK 2011).

H_{p0} untere Grenze des Messbereiches mit
H_{p0} = 0,1 mSv für Ganzkörperdosimeter zur Messung von $H_p(10)$ und H_{p0} = 1 mSv für Teilkörperdosimeter zur Messung von $H_p(0,07)$.

Die maximal zulässigen Messabweichungen sind in Abbildung 1 für Ganzkörperdosimeter zur Messung von $H_p(10)$ und in Abbildung 2 für Teilkörperdosimeter zur Messung von $H_p(0,07)$ dargestellt.

Für Photonenstrahlung mit einer mittleren Energie unterhalb 10 keV, Betastrahlung mit einer mittleren Energie unterhalb 0,2 MeV und Neutronenstrahlung darf in Nenngebrauchsbereichen, in denen die Bedingung (1) nach dem gegenwärtigen Stand der Messtechnik nicht eingehalten werden kann, statt dessen die folgende Bedingung (2) angewendet werden:

$$\frac{1}{2}\left(1-\frac{2H_{p0}}{H_{p0}+H_{pw}}\right)\le\frac{H_{pm}}{H_{pw}}\le 2\,, \qquad (2)$$

H_{p0}, H_{pw} und H_{pm} wie in Bedingung (1).

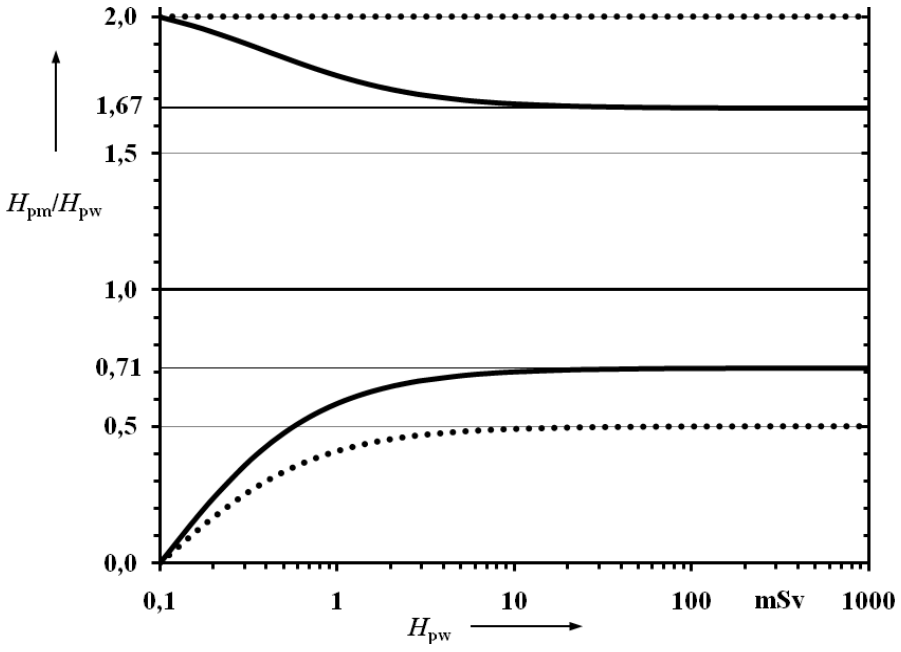

Abb. 1: Maximal zulässige relative Messabweichungen, dargestellt als Variationsgrenzen des Quotienten H_{pm}/H_{pw} in Abhängigkeit vom wahren Wert der Messgröße H_{pw} für Ganzkörperdosimeter zur Messung von $H_p(10)$ mit H_{p0} = 0,1 mSv gemäß Bedingung (1), ausgezogene Kurve, und gemäß Bedingung (2), punktierte Kurve.

In gemischten Strahlungsfeldern, in denen die oben genannten, schwerer messbaren Komponenten mehr als 20 % zur Gesamtdosis beitragen, gilt für die Gesamtdosis ebenfalls die Bedingung (2). Bis zu diesem Anteil von 20 % ist die Bedingung (1) einzuhalten.

Die messtechnische Überprüfung der Einhaltung von (1) und (2) soll unter definierten Prüfbedingungen erfolgen, die sich an den Expositionsbedingungen beim praktischen Einsatz der Dosimeter orientieren und für die H_{pw} genau bekannt ist. Dabei ist, abweichend von der Forderung in ICRP 75 (ICRP 1997), eine statistische Sicherheit von 90 % einzuhalten. Die heraus fallenden Messwerte dürfen nur zufällig, d. h. nicht systematisch bedingt sein.

Die hier angegebenen Messabweichungen dürfen nicht mit Messunsicherheiten bei der Personendosismessung verwechselt werden. Hinweise zur Berechnung dieser Messunsicherheiten sind z. B. in DIN- bzw. ISO-Normen (DIN 1995, ISO 2008) sowie in (Ambrosi 1999) enthalten.

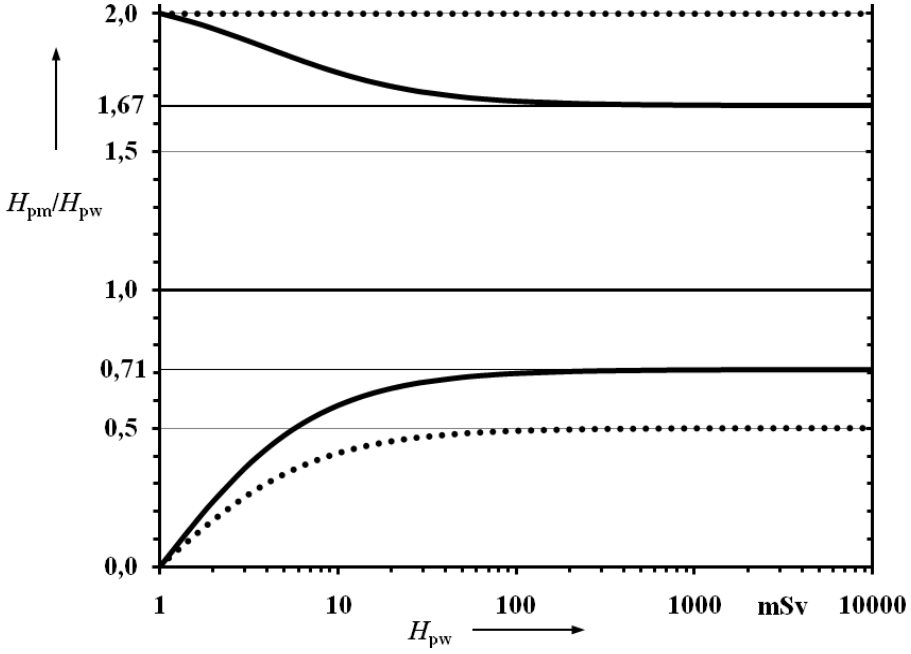

Abb. 2: Maximal zulässige relative Messabweichungen, dargestellt als Variationsgrenzen des Quotienten H_{pm}/H_{pw} in Abhängigkeit vom wahren Wert der Messgröße H_{pw} für Teilkörperdosimeter zur Messung von $H_p(0,07)$ mit Hp0 = 1 mSv gemäß Bedingung (1), ausgezogene Kurve, und gemäß Bedingung (2), punktierte Kurve.

7 Literatur

Ambrosi 1999 Ambrosi, P.: Messunsicherheiten im Strahlenschutz. In PTB-Bericht PTB-Dos-31, Fortbildungstagung „Dosimetrie externer Strahlung: Aktuelle Entwicklungen“, 1999

DIN 1995 DIN 1319, Teil 1 bis 4, Grundlagen der Messtechnik, 1995 bis 2005

DIN 2008 DIN IEC 62387, Strahlenschutz-Messgeräte - Passive, integrierende Dosimetriesysteme zur Umwelt- und Personenüberwachung - Teil 1: Allgemeine Eigenschaften und Leistungsanforderungen (IEC 62387-1:2007), April 2008

EC 2009 European Commission, Radiation protection 160: Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation, 2009

IAEA 1999 IAEA Safety Guide No. RS-G-1.3, Assessment of occupational exposure due to external sources of radiation, STI/PUB/1076, Vienna, 1999

ICRP 1997 ICRP Publication 75, General Principles for the Radiation Protection of Workers, 1997

IEC 2010 IEC 61526, Radiation protection instrumentation – Measurement of personal dose equivalents $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ for X, gamma, neutron and beta radiation – Direct reading personal dose equivalent meters, (July 2010)

ISO 2008 ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of Measurement – Part 3: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), Geneva, 2008

PTB 2007 PTB-Anforderungen, PTB-A 23.2, Personendosimeter zur Messung der Tiefen- und Oberflächen-Personendosis, Revision in Vorbereitung, November 2007

RL 2002 Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung vom 10. Dezember 2001, GMBl S. 136, 2002

SSK 2011 Strahlenschutzkommission (SSK): Überwachung der Augenlinsendosis. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung, Bundesanzeiger Nr. 17 vom 01.02.2011