(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 299 770 A7

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 T 1/105
G 06 F 15/52

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD G 01 T / 230 410 5	(22)	12.06.81	(45)	07.05.92

(71) siehe (73)
(72) Weber, Karl-Heinz, Dr. Dipl.-Phys.; Rochelt, Siegfried, Dipl.-Ing.; Deicke, Ulrich, Dipl.-Ing., DE
(73) Meßelektronik Dresden GmbH, Lingnerallee 3, O - 8010 Dresden, DE

(54) **Auswerteverfahren für die Personendosimetrie und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung für die Personendosimetrie unter den Bedingungen des taktischen Einsatzes in gemischten Neutronen-Gamma-Strahlungsfeldern. Die Zielstellung unter diesen Bedingungen besteht in der prognostischen Einschätzung der Kampffähigkeit der Truppe und beinhaltet die Forderung nach Bereitstellung biologisch repräsentativer Dosisinformationen für Einzelkämpfer und Personengruppen unabhängig von der Strahlungsqualität, der Strahlungsenergie und dem zeitlichen Verlauf der Dosisaufnahme. Das Wesen der Erfindung besteht darin, eine schädigungsadäquate Dosisinformation unter Berücksichtigung eines vorausgesetzten Modells für die biologische Erholung des Strahlenschadens rekursiv aus irreversiblen und reversiblen Dosisanteilen in Abhängigkeit von der Expositionszeit und den registrierten biologischen Teildosen für Gamma- und Neutronen-Strahlung zu bilden. Die Anordnung enthält einen dosimetereigenen Schreib-Lese-Speicher und eine geräteinterne Uhr in dem vorzugsweise prozessorgesteuerten Auswertegerät. Der Speicherinhalt wird bei jeder Auswertung aktualisiert.

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Erfindungsanspruch:

1. Auswerteverfahren zur Personendosimetrie, insbesondere für den taktischen Einsatz, unter Verwendung eines Personendosimeters für die Neutronen-Gamma-Personendosimetrie, bestehend aus einem oder mehreren fadingfreien oder in definierter Weise fadingbehafteten Einzeldosimetern und eines Auswertegerätes mit Anregungs- und Meßbausteinen und einem Anzeigebaustein, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Dosisanzeige A_n zum Meßzeitpunkt t_n rekursiv aus irreversiblen Dosisanteilen und reversiblen Dosisanteilen gebildet wird, die wiederum aus den entsprechenden Dosisanteilen zum letzten zurückliegenden Meßzeitpunkt t_{n-1} und aus der zum Meßzeitpunkt t_n gemessenen biologischen Teildosis D_n bestimmt werden, wobei die reversiblen Dosisanteile zusätzlich nichtlinear in Abhängigkeit vom Expositionszeitraum $t_n - t_{n-1}$ bewertet werden.
2. Auswerteverfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß zusätzlich zur Anzeige A_n der Personendosimeter der Mittelwert $\overline{A}_n$ der Dosisanzeigen einer Gruppe von Personendosimetern gebildet und angezeigt wird.
3. Auswerteverfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch,** daß zusätzlich die Summe der Teildosen D_i für alle Bestrahlungszeiträume $t_i - t_{i-1}$ eines Einzeldosimeters gebildet und zur Anzeige gebracht wird.
4. Auswerteverfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß die nichtlineare Bewertungsfunktion eine Exponentialfunktion darstellt.
5. Auswerteverfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß das definierte Fadingverhalten eines Einzeldosimeters der biologischen Erholungsfunktion des Organismus nachgebildet ist.
6. Anordnung nach Punkt 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch,** daß das Personendosimeter oder dessen Kassette konstruktiv mit einem nichtflüchtigen Schreib-Lese-Speicher oder einem reprogrammierbaren Festwertspeicher verbunden ist, dessen Bitsumme unabhängig von der Anzahl der Auswertung ist und der mindestens in einen Speicherbereich für Zeitdaten, einen Speicherbereich für einen irreversiblen Dosisanteil und einen Speicherbereich für einen reversiblen Dosisanteil untergliedert ist und der über eine Schnittstelle mit dem Rechen- und Steuerwerk des vorzugsweise prozessorgesteuerten Auswertegerätes in Verbindung steht, daß das Auswertegerät eine Uhr oder eine Datumseingabe enthält und daß die Uhr bzw. die Datumseingabe, die Anregungs- und Meßbausteine, die Schnittstelle und der Anzeigebaustein mit dem Rechen- und Steuerwerk über ein Leitungssystem verbunden sind.
7. Anordnung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch,** daß mit Beginn des Auswertezyklus des Personendosimeters die Uhr oder ein Register bei Datumseingabe dem Rechen- und Steuerwerk ein dem Auswertedatum entsprechendes Bitmuster bereitstellt, während der Speicherbereich für Zeitdaten ein dem letzten zurückliegenden Auswertedatum entsprechendes Bitmuster enthält und am Ende des Auswertezyklus der Speicherbereich für Zeitdaten ein dem aktuellen Auswertedatum entsprechendes Bitmuster aufweist.
8. Anordnung nach Punkt 6 und 7, **gekennzeichnet dadurch,** daß der Schreib-Lese-Speicher bzw. der reprogrammierbare Festwertspeicher einen zusätzlichen Speicherbereich für die Erkennung des Personendosimeters enthält.
9. Anordnung nach Punkt 6 bis 8, **gekennzeichnet dadurch,** daß der Schreib-Lese-Speicher bzw. der reprogrammierbare Festwertspeicher mindestens einen zusätzlichen Speicherbereich für individuelle Kennwerte eines Strahlungsdetektors enthält.
10. Anordnung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch,** daß der Schreib-Lese-Speicher bzw. der reprogrammierbare Festwertspeicher durch einen programmierbaren Festwertspeicher im Umfang der erforderlichen Gesamtkapazität ersetzt ist.
11. Anordnung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch,** daß das Auswertegerät mit einer zusätzlichen Schnittstelle für Datenfernübertragung ausgerüstet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Auswerteverfahren für die Personendosimetrie und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens, insbesondere für den taktischen Einsatz. Unter derartigen Bedingungen besteht die Zielstellung der Personendosimetrie in der prognostischen Einschätzung der Kampf- und Einsatzfähigkeit der Truppe als Voraussetzung für die Einleitung von operativen und organisatorischen Maßnahmen auf verschiedenen Kommandoebenen. Diese Beurteilung erfolgt über die Ermittlung von Schädigungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Schweregrade der Strahlenkrankheit mit Hilfe der Dosiseffektkurven.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind Systeme zur Personendosimetrie für den Truppeneinsatz bekannt, die sich durch besondere Anforderungen an Masse, Volumen, Energieverbrauch und Zuverlässigkeit sowie einer hohen Beständigkeit und Festigkeit gegenüber verschiedenen Einfluß- und Wirkungsfaktoren auszeichnen.
Als Personendosimeter werden sowohl speichernde als auch selbsttätig löschende Systeme eingesetzt. Dabei wird mit unterschiedlichem Erfolg versucht, anstelle der physikalischen Dosis die biologisch wirksame Dosis zu messen, indem die Empfindlichkeit des Dosimeters bezüglich unterschiedlicher Energien und Strahlungsqualitäten dem Schädigungsverhalten des Organismus angeglichen wird. Die mit diesen Dosimetern gemessenen Summen- oder Teildosen sind jedoch keine geeignete Ausgangsbasis für die prognostische Einschätzung der Kampfkraft der Truppe. Infolge der teilweisen Erholungsfähigkeit des Organismus in Abhängigkeit von der Strahlungsqualität und der Zeit wird bei Verwendung der Summendosis die Einsatzfähigkeit unterbewertet, bei Verwendung der Teildosis jedoch stark überbewertet. Für eine objektive Beurteilung sind Dosiswerte erforderlich, die ein direktes Maß für die zu erwartende Schädigung unabhängig von der Strahlungsart, der Strahlungsenergie und dem zeitlichen Verlauf der Dosisaufnahme sind. Es sind Verfahren und Anordnungen mit selbsttätig löschenden Dosimetern bekannt, die diese Forderung durch Registrierung aller Teildosen und der zugehörigen Einwirkungszeiten z. B. im Soldbuch oder auf der Dosimeterkassette näherungsweise dadurch erfüllen, daß im Bedarfsfall aus den registrierten Werten mittels einer Rechenvorschrift ein Näherungswert für die schädigungsspezifische Dosis ermittelt werden kann. Dieses Verfahren hat den Nachteil des zusätzlichen Registrier- und Rechenaufwandes, der zeitaufwendig ist und unter Kampfbedingungen viele Fehlerquellen in sich birgt. Eine selbsttätige Speicherung der Meßwerte während der Auswertung ist nicht gewährleistet. Darüber hinaus stellen die ermittelten Personendosen kein geeignetes Maß für die Beurteilung von Personengruppen dar.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, den registrier- und rechentechnischen sowie zeitlichen Zusatzaufwand für die Lösung der dosimetrischen Aufgaben im taktischen Einsatz wesentlich einzuschränken oder zu beseitigen, die Möglichkeit der Einschätzung der Einsatzfähigkeit unabhängig vom zeitlichen Verlauf der Dosisaufnahme für Einzelpersonen und Personengruppen zu gewährleisten und damit die Gebrauchswerteigenschaften des Dosimetersystems entscheidend zu verbessern, indem biologisch repräsentative Dosisinformationen bereitgestellt werden, die dem Kommandeur und dem Arzt schnelle und zuverlässige Entscheidungen ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, im Ergebnis der Auswertung von Personendosimetern unmittelbar die für die biologische Schädigung maßgeblichen Dosiswerte zur Beurteilung der Einsatzfähigkeit sowohl für Personengruppen als auch für Einzelpersonen zur Anzeige zu bringen und eine beliebige Wiederholbarkeit der Auswertung im Falle selbsttätig löschender Dosimeter zu gewährleisten.
Die Aufgabe wird mittels eines Auswerteverfahrens zur Personendosimetrie und einer Anordnung zur Durchführung des Verfahrens, insbesondere für den taktischen Einsatz unter Verwendung eines Personendosimeters für die Neutronen-Gamma-Personendosimetrie, bestehend aus einem oder mehreren fadingfreien oder in definierter Weise fadingbehafteten Einzeldosimetern und einem Auswertegerät mit Anregungs- und Meßbausteinen und einem Anzeigebaustein, dadurch gelöst, daß erfindungsgemäß die Dosisanzeige A_n zum Meßzeitpunkt t_n rekursiv aus einer linearen Beziehung irreversibler Dosisanteile I_n und reversibler Dosisanteile R_n gebildet wird, die aus den entsprechenden Dosisanteilen I_{n-1} und R_{n-1} zum letzten zurückliegenden Meßzeitpunkt t_{n-1} und aus der zum Meßzeitpunkt t_n gemessenen biologischen Teildosis D_i bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, daß die irreversiblen Dosisanteile zusätzlich in Abhängigkeit vom Expositionszeitraum $t_n - t_{n-1}$ nichtlinear bewertet werden. Die Gewichtsfaktoren der linearen Beziehung und die nichtlineare Bewertungsfunktion sind den unterschiedlichen Strahlungsqualitäten und Dosimetereigenschaften entsprechend fest vorgegeben.
So ergeben sich beispielsweise unter Voraussetzung eines fadingfreien Teildosimeters zur Dosimetrie der Gammastrahlung (z. B. Thermolumineszenzdosimeter) und einer exponentiellen Bewertungsfunktion die Dosisanteile

$$I_{n,\gamma} = I_{n-1,\gamma} + D_{n,\gamma};\quad R_{n,\gamma} = R_{n-1,\gamma} \exp(t_{n-1} - t_n)\lambda\gamma + D_{n,\gamma}$$

oder für ein speicherndes Neutronendosimeter (z. B. PIN-Si-Diode) mit einem der biologischen Erholung des Organismus angepaßten definierten Fadingverhalten der Dosisanteile

$$A_{n,N} = S_n - S_o.$$

Im Falle dieser beiden Einzeldosimeter erhält man die Dosisanzeige

$$A_n = K_1 I_{n,\gamma} + K_2 R_{n,\gamma} + K_3 A_{n,N}$$

wobei K_1, K_2, K_3 Gewichtsfaktoren sind.
Zusätzlich zur Anzeige A_n der Personendosis wird der Mittelwert der Dosisanzeigen einer Gruppe von Personendosimetern gebildet und nach Aufruf zur Anzeige gebracht. Darüber hinaus besteht im Falle fadingfreier Einzeldosimeter die Möglichkeit der zusätzlichen Summierung der Teildosen D_i für alle Bestrahlungszeiträume $t_i - t_{i-1}$ eines Personendosimeters und die Anzeige dieses Summenwertes.
Die aufgeführte nichtlineare Bewertungsfunktion stellt eine Exponentialfunktion dar.

Das definierte Fadingverhalten eines Einzeldosimeters ist der biologischen Erholungsfunktion des Organismus nachgebildet. In der Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Neutronen-Gamma-Personendosimeter oder dessen Kassette konstruktiv mit einem nichtflüchtigen Schreib-Lese-Speicher oder einem reprogrammierbaren Festwertspeicher verbunden, dessen Bitsumme unabhängig von der Anzahl der Auswertungen ist und der mindestens in einen Speicherbereich für Zeitdaten, einen Speicherbereich für einen irreversiblen Dosisanteil und einen Speicherbereich für einen reversiblen Dosisanteil untergliedert ist. Der Speicher ist über eine Schnittstelle mit dem vorzugsweise prozessorgesteuerten Auswertegerät verbunden, das eine Uhr enthält. Die Uhr, die Schnittstelle und die im Auswertegerät vorhandenen Baugruppen Anzeigebaustein und Anregungs- und Meßbaustein für jedes Einzeldosimeter stehen über ein Leitungssystem mit dem Rechen- und Steuerwerk des prozessorgesteuerten Auswertegerätes in Verbindung.
In einer zweiten Ausführung ist anstelle der Uhr eine Datumseingabe vorhanden. Zu Beginn des Auswertezyklus stellt die Uhr oder ein Register der Datumseingabe dem Rechen- und Steuerwerk ein dem Auswertedatum entsprechendes Bitmuster bereit und der Speicherbereich für Zeitdaten enthält ein dem letzten zurückliegenden Auswertedatum entsprechendes Bitmuster, während am Ende des Auswertezyklus der Speicherbereich für Zeitdaten das dem aktuellen Auswertedatum entsprechende Bitmuster aufweist.
Der Schreib-Lese-Speicher kann durch zusätzliche Speicherbereiche für die Erkennung des Personendosimeters und/oder für die Einschreibung eines individuellen Kennwertes eines Einzeldosimeters erweitert sein. Das kann beispielsweise der individuelle Offsetwert einer PIN-Si-Diode oder die individuelle Dosisempfindlichkeit des Einzeldosimeters sein.
In einer speziellen Ausführung ist der Schreib-Lese-Speicher ein programmierbarer Festwertspeicher im Umfang der erforderlichen Gesamtkapazität während des Nutzungszeitraumes des Personendosimeters. Das Auswertegerät kann mit einer zusätzlichen Schnittstelle für Datenfernübertragung ausgerüstet sein.
Die technischen Auswirkungen der Lösung nach der Erfindung bestehen darin, daß Dosiswerte für Einzelpersonen und Personengruppen angezeigt werden, die ein direktes Maß für die zu erwartende biologische Schädigung unabhängig vom zeitlichen Verlauf der Dosisaufnahme sind und eine unbegrenzte Wiederholbarkeit der Auswertung gewährleistet ist. Damit sind objektive Basisinformationen zur prognostischen Einschätzung und Einsatzplanung für Einzelkämpfer und Truppenverbände auf verschiedenen Ebenen ggf. über Datenfernübertragung verfügbar. Die technisch-ökonomischen Auswirkungen bestehen in der Entlastung des Kommandeurs von Routinearbeiten, der Beseitigung zusätzlicher Fehlerquellen und in der qualitativen Verbesserung der Basis für operative und organisatorische Entscheidungen auf verschiedenen Kommandoebenen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.
Die Zeichnung zeigt eine mögliche Anordnung unter Verwendung zweier fadingfreier Einzeldosimeter und einer exponentiellen Bewertung der reversiblen Dosisanteile.
Das Personendosimeter 1 besteht aus einem ersten Einzeldosimeter 2, z. B. einem Thermolumineszenzdosimeter zur Dosimetrie der Gamma-Restkernstrahlung und thermischer Neutronen und aus einem zweiten Einzeldosimeter 3, z. B. einen strahlungsempfindlichen Si-Diode zur Dosimetrie schneller Neutronen. Das Personendosimeter ist konstruktiv mit einem nicht-flüchtigen Schreib-Lese-Speicher 4 verbunden, der in sechs Teilbereiche untergliedert ist. Im Auswertegerät 5 sind die Baugruppen Auswertebaustein für ein erstes Einzeldosimeter 6, Auswertebaustein für ein zweites Einzeldosimeter 7, Uhr 8, Anzeigebaustein 9, Programmspeicher 10, Datenspeicher 11, und Rechen- und Steuerwerk 12 dargestellt.
Über die Schnittstelle 13 wird der Datenaustausch zwischen Auswertegerät 5 und nicht-flüchtigem Schreib-Lese-Speicher 4 vollzogen. Das zentrale Rechen- und Steuerwerk steht über Leitungssysteme zur Steuerung, Adressierung und zum Datentransport mit den anderen Baugruppen der Anordnung in Verbindung.
Die Uhr 8 weist ein dem aktuellen Auswertedatum t_n entsprechendes Bitmuster auf. Im Falle einer Datumseingabe wird vor Beginn einer Meßreihe das Datum t_n in das Auswertegerät eingegeben. Das erste Personendosimeter 1 einer auszuwertenden Dosimeterreihe wird in den Auswertekanal eingelegt. Dabei werden die Informationen des Speicherbereichs für Zeitdaten 14 (t_{n-1}), der Speicherbereiche für den irreversiblen Dosisanteil 15 und 18 ($I_{n-1,\gamma}$; $I_{n-1,N}$), der Speicherbereiche für den reversiblen Dosisanteil 16 und 19 ($R_{n-1,\gamma}$; $R_{n-1,N}$) und des Speicherbereiches für den Offsetwert der strahlungsempfindlichen Si-Diode 17 (S_o) vom Auswertegerät gelesen und die Bewertungsfaktoren $\exp(t_{n-1} - t_n)\lambda\gamma$, $\exp(t_{n-1} - t_n)\lambda_N$ berechnet.
Im Ergebnis der nachfolgenden Auswertung der Einzeldosimeter 2 und 3 werden die Meßwerte D_n (biologische Teildosis für Gammastrahlung) und $S_o + S_n$ (Offsetwert + Summendosis der schnellen Neutronen) zwischengespeichert und die aktualisierten Dosisanteile

$$I_{n,\gamma} = I_{n-1,\gamma} + D_n;\ R_{n,\gamma} = R_{n-1,\gamma}\exp(t_{n-1} - t_n)\lambda\gamma + D_n$$

$$I_{n,N} = S_n;\ R_{n,N} = R_{n-1,N}\exp(t_{n-1} - t_n)\lambda_N + S_n - S_{n-1}$$

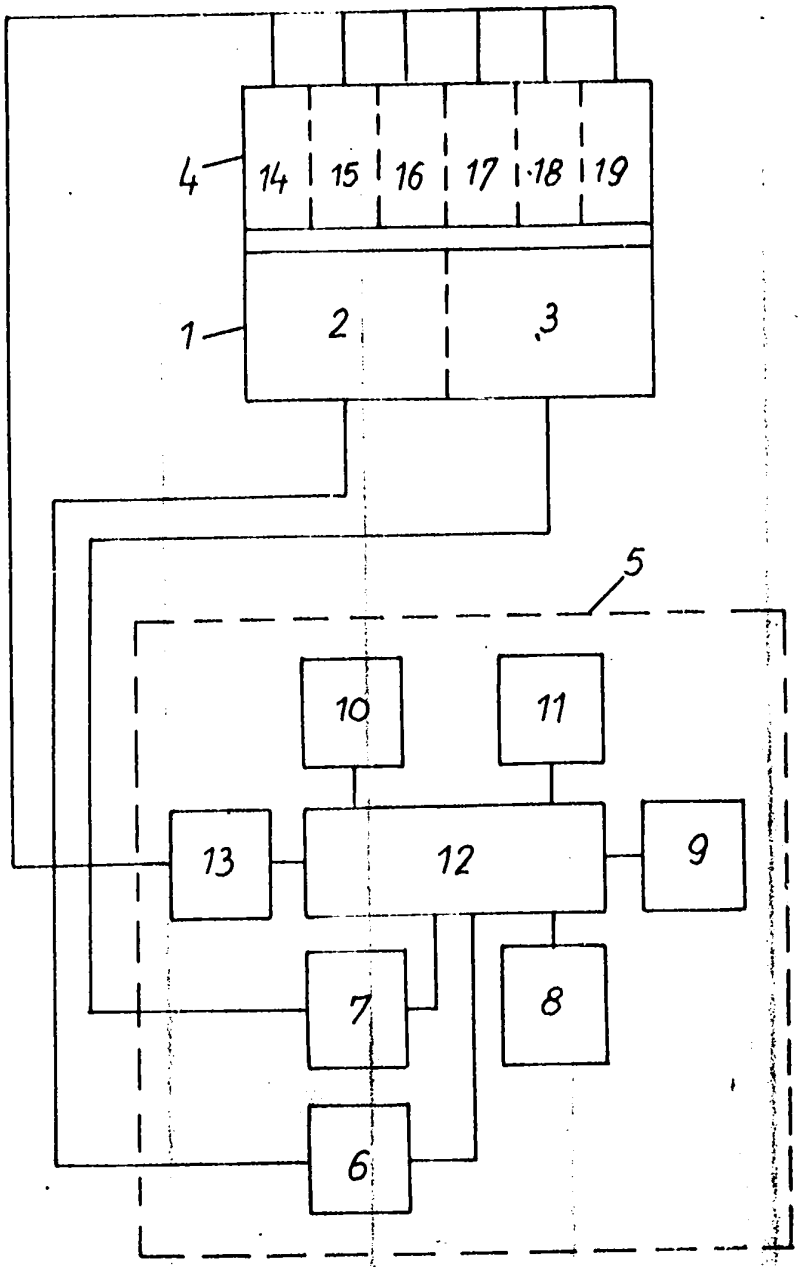
sowie den Anzeigewert

$$A_n = K_1 I_{n,\gamma} + K_2 R_{n,\gamma} + K_3 I_{n,N} + K_4 R_{n,N}$$

berechnet.

λ = Abklingfaktor (Abklingzeitkonstante des biologischen Schadens)

Der Wert A_n wird angezeigt und mit dem Herausnehmen des Personendosimeters aus dem Auswertegerät werden die aktualisierten Größen t_n, $I_{n,\gamma}$, $R_{n,\gamma}$, $I_{n,N}$, $R_{n,N}$ anstelle der alten Größen t_{n-1}, $I_{n-1,\gamma}$, $R_{n-1,\gamma}$, $I_{n-1,N}$, $R_{n-1,N}$ auf den Schreib-Lese-Speicher eingeschrieben. Damit endet der Auswertezyklus. Die Anzeige kann beliebig oft wiederholt werden.
Der Anzeigewert A_n wird gleichzeitig zur fortlaufenden Bestimmung des mittleren Anzeigewertes für eine Gruppe von Personendosimetern weiterverarbeitet. Dieser Mittelwert kann z. B. durch Aufruf mittels Taste zur Anzeige gebracht werden.


4
14
15
16
17
18
19
1
2
3
5
10
11
13
12
9
7
8
6