

**DIN EN 60789**

ICS 11.040.50

Ersatz für  
DIN EN 60789:1994-09

**Medizinische elektrische Geräte –  
Merkmale und Prüfbedingungen für bildgebende Systeme in der  
Nuklearmedizin –  
Einkristall-Gamma-Kameras (IEC 60789:2005);  
Deutsche Fassung EN 60789:2005**

Medical electrical equipment –  
Characteristics and test conditions of radionuclide imaging devices –  
Anger type gamma cameras (IEC 60789:2005);  
German version EN 60789:2005

Appareils électromédicaux –  
Caractéristiques et conditions d'essai des dispositifs d'imagerie par radionucléides –  
Gamma caméras de type Anger (CEI 60789:2005);  
Version allemande EN 60789:2005

Gesamtumfang 31 Seiten

Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN

## Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 60789:2005 „Medical electrical equipment – Characteristics and test conditions of radionuclide imaging devices – Anger type gamma camera“, deren Inhalt unverändert übernommen wurde.

Die Internationale Norm wurde vom Unterkomitee SC 62C „Equipments for radiotherapy, nuclear medicine and radiation dosimetry“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Für die vorliegende Norm zuständig ist das nationale DKE/NAR-Gemeinschaftsgremium NA 080-00-13 GA „Nuklearmedizin“ des Normenausschusses Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgenegesellschaft und der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin e. V. (DGN), der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e. V. (DGMP) der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie e. V. (DEGRO).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 60789:1994-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Inhalt der Norm EN 60789:2005 wurde vollständig übernommen;
- b) der Abschnitt „Messung der Variation der inhärenten Punktquellenausbeute“ wurde entfernt;
- c) die Abschnitte „Ausbeute“, „Ortsauflösung“, „Inhomogenität“, „Inhärente Energieabhängigkeit der Ortung“ und „Impulsratencharakteristik“ wurden neu formuliert;
- d) redaktionelle Änderungen.

## Frühere Ausgaben

DIN EN 60789: 1994-09

Deutsche Fassung

**Medizinische elektrische Geräte –  
Merkmale und Prüfbedingungen für bildgebende Systeme  
in der Nuklearmedizin –  
Einkristall-Gamma-Kameras  
(IEC 60789:2005)**

Medical electrical equipment -  
Characteristics and test conditions  
of radionuclide imaging devices –  
Anger type gamma cameras  
(IEC 60789:2005)

Appareils électromédicaux -  
Caractéristiques et conditions d'essai  
des dispositifs d'imagerie  
par radionucléides –  
Gamma caméras de type Anger  
(CEI 60789:2005)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2005-11-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäische Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

**CENELEC**

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brüssel**

# Inhalt

|                                                              | Seite |
|--------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                | 4     |
| Einleitung.....                                              | 5     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                    | 5     |
| 2 Normative Verweisungen.....                                | 5     |
| 3 Begriffe .....                                             | 5     |
| 4 Prüfverfahren .....                                        | 8     |
| 4.1 Allgemeine Bedingungen.....                              | 8     |
| 4.2 SYSTEM-AUSBEUTE .....                                    | 8     |
| 4.2.1 Allgemeines .....                                      | 8     |
| 4.2.2 Zweck .....                                            | 8     |
| 4.2.3 Verfahren .....                                        | 8     |
| 4.2.4 Radionuklid .....                                      | 9     |
| 4.2.5 RADIOAKTIVE QUELLEN .....                              | 9     |
| 4.2.6 Datenerfassung.....                                    | 9     |
| 4.2.7 Datenverarbeitung und Analyse.....                     | 9     |
| 4.2.8 Bericht.....                                           | 9     |
| 4.3 ÖRTLICHE AUFLÖSUNG.....                                  | 10    |
| 4.3.1 Allgemeines .....                                      | 10    |
| 4.3.2 Zweck .....                                            | 10    |
| 4.3.3 Verfahren .....                                        | 10    |
| 4.3.4 Radionuklid .....                                      | 10    |
| 4.3.5 Verteilung der radioaktiven Quelle .....               | 10    |
| 4.3.6 Messung der ÖRTLICHEN AUFLÖSUNG.....                   | 11    |
| 4.3.7 Datenverarbeitung .....                                | 11    |
| 4.3.8 Datenanalyse.....                                      | 11    |
| 4.3.9 ÖRTLICHE SYSTEMAUFLÖSUNG .....                         | 12    |
| 4.3.10 INHÄRENTE ÖRTLICHE AUFLÖSUNG.....                     | 12    |
| 4.3.11 Bericht.....                                          | 12    |
| 4.4 ÖRTLICHE NICHTLINEARITÄT .....                           | 12    |
| 4.4.1 Messung der INHÄRENTEN ÖRTLICHEN NICHTLINEARITÄT ..... | 12    |
| 4.4.2 Differenzielle Nichtlinearität .....                   | 12    |
| 4.4.3 Absolute Nichtlinearität .....                         | 13    |
| 4.5 INHOMOGENITÄT .....                                      | 13    |
| 4.5.1 Allgemeines .....                                      | 13    |
| 4.5.2 Zweck .....                                            | 13    |
| 4.5.3 Radionuklid .....                                      | 13    |
| 4.5.4 Messung der INHÄRENTEN INHOMOGENITÄT .....             | 13    |
| 4.5.5 Messung der SYSTEM-INHOMOGENITÄT .....                 | 13    |
| 4.5.6 Datenanalyse.....                                      | 14    |
| 4.5.7 Bericht.....                                           | 15    |
| 4.6 INHÄRENTE ENERGIEAUFLÖSUNG .....                         | 15    |
| 4.7 Inhärente ENERGIEABHÄNGIGKEIT DER ORTUNG .....           | 15    |
| 4.7.1 Allgemeines .....                                      | 15    |
| 4.7.2 Prüfverfahren .....                                    | 15    |
| 4.7.3 Prüfeinrichtung .....                                  | 15    |
| 4.7.4 Messverfahren.....                                     | 15    |
| 4.7.5 Berechnungen und Analyse .....                         | 16    |
| 4.7.6 Bericht.....                                           | 16    |
| 4.8 IMPULSRATENCHARAKTERISTIK .....                          | 17    |
| 4.8.1 Allgemeines .....                                      | 17    |
| 4.8.2 Zweck .....                                            | 17    |
| 4.8.3 Verfahren .....                                        | 17    |
| 4.8.4 Radionuklid .....                                      | 17    |

|                                                                                                                                           | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.8.5 Verteilung der radioaktiven Quelle .....                                                                                            | 17    |
| 4.8.6 Datenerfassung und Analyse .....                                                                                                    | 17    |
| 4.8.7 Bericht .....                                                                                                                       | 18    |
| 4.9 Prüfung der Abschirmungspenetration .....                                                                                             | 18    |
| 5 BEGLEITPAPIERE .....                                                                                                                    | 18    |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                   | 26    |
| Verzeichnis der definierten Begriffe .....                                                                                                | 27    |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren<br>entsprechenden europäischen Publikationen ..... | 29    |
| <b>Bilder</b>                                                                                                                             |       |
| Bild 1 — Küvette .....                                                                                                                    | 19    |
| Bild 2 — Zylindrisches Phantom .....                                                                                                      | 20    |
| Bild 3 — Homogene Quelle .....                                                                                                            | 20    |
| Bild 4 — Schlitzphantom zur Messung der INHÄRENTEN ÖRTLICHEN AUFLÖSUNG und der ÖRTLICHEN<br>NIGHTLINEARITÄT .....                         | 21    |
| Bild 5 — Quellenanordnung für inhärente Messungen (4.3.5, 4.4.1, 4.5.4 und 4.6) .....                                                     | 22    |
| Bild 6 — Kleine abgeschirmte Flüssigkeitsquelle .....                                                                                     | 23    |
| Bild 7 — Messung der FWHM .....                                                                                                           | 24    |
| Bild 8 — Bestimmung der ÄQUIVALENZBREITE (EW) .....                                                                                       | 25    |
| <b>Tabellen</b>                                                                                                                           |       |
| Tabelle 1 — Radionuklide und Energiefenster zur Messung von Leistungsparametern .....                                                     | 8     |

## Vorwort

Der Text des Schriftstücks 62C/388/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60789, ausgearbeitet von dem SC 62C „Equipment for radiotherapy, nuclear medicine and radiation dosimetry“ des IEC TC 62 „Electrical equipment in medical practice“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2005-11-01 als EN 60789 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60789:1993.

Bezüglich der EN 60789:1993 wurde der Abschnitt Messung der Variation der inhärenten Punktquellen- ausbeute entfernt, die Abschnitte AUSBEUTE (4.2), ORTSAUFLÖSUNG (4.3), INHOMOGENITÄT (4.5), INHÄRENTE ENERGIEABHÄNGIGKEIT DER ORTUNG (4.7) und IMPULSRATENCHARAKTERISTIK (4.8) wurden neu formuliert (obwohl die Verfahren meist nicht verändert wurden) und einige kleine redaktionelle Änderungen vorgenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop) 2006-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow) 2008-11-01

In dieser Norm werden folgende Schriftarten verwendet:

- Anforderungen, deren Einhaltung überprüft werden kann und Definitionen: Normalschrift,
- Anmerkungen, Erklärungen, Hinweise, allgemeine Angaben und Ausnahmen: Kleinschrift,
- Beschreibungen zu Prüfverfahren: Kursivschrift,
- in dieser Norm benutzte Begriffe, die in Abschnitt 3 definiert und in Anhang B aufgelistet sind: Kapitälchen.

Die Einhaltung der Anforderungen wird durch Festlegungen für die relevanten Prüfungen verfolgt.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

### Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60789:2005 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

|             |           |                                                       |
|-------------|-----------|-------------------------------------------------------|
| IEC 60601-1 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60601-1:1990 (nicht modifiziert). |
| IEC 61675-1 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 61675-1:1998 (nicht modifiziert). |
| IEC 61675-2 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 61675-2:1998 (nicht modifiziert). |

## Einleitung

Die in dieser Norm verwendeten Prüfverfahren wurden so festgelegt, dass sie soweit als möglich die klinische Anwendung von GAMMA-KAMERAS widerspiegeln. Die beschriebenen Prüfverfahren sollen von den Herstellern angewendet werden und diese so in die Lage versetzen, die Leistungsparameter von GAMMA-KAMERAS auf einer allgemein gültigen Grundlage festzulegen.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Prüfverfahren fest, nach denen die Leistungsparameter von Einkristall-Gamma-Kameras anzugeben sind. Einkristall-Gamma-Kameras bestehen aus dem KOLLIMATOR, der DETEKTORABSCHIRMUNG und dem STRAHLUNGSDETEKTOR in Verbindung mit Geräten zur Aufzeichnung und Darstellung der Bilddaten.

Innerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm werden keine Sicherheitsanforderungen, die von den Herstellern nach IEC 60601-1 zu befolgen sind, behandelt.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60788:2004, *Medical radiology — Terminology*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60788 (siehe Anhang A) und die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### **Energiefenster**

Bereich der Energiesignale, der für die Weiterverarbeitung vom Gerät akzeptiert wird

### 3.2

#### **Sichtfeld**

#### **FOV**

Fläche des Detektors, innerhalb derer die szintigraphische Information zum Bild beiträgt, und für die alle Leistungsparameter spezifiziert sind

### 3.3

#### **objektseitige Stirnfläche des Kollimators**

Fläche des KOLLIMATORS, die dem abzubildenden Objekt am nächsten liegt

### 3.4

#### **detektorseitige Stirnfläche des Kollimators**

Fläche des KOLLIMATORS, die dem STRAHLUNGSDETEKTOR am nächsten liegt

### 3.5

#### **Eintrittsfläche eines Kollimators**

Fläche, die durch die kürzeste Hüllkurve begrenzt wird, die alle außen liegenden Kollimator-Bohrungen auf der OBJEKTSEITIGEN STIRNFLÄCHE DES KOLLIMATORS tangierend umschließt

### **3.6**

#### **Austrittsfläche eines Kollimators**

Fläche, die durch die kürzeste Hüllkurve begrenzt wird, die alle außen liegenden Kollimator-Bohrungen auf der DETEKTORSEITIGEN STIRNFLÄCHE DES KOLLIMATORS tangierend umschließt

### **3.7**

#### **Kollimatorachse**

Gerade durch die geometrischen Mittelpunkte der EINTRITTS- und AUSTRITTSFLÄCHE des KOLLIMATORS

### **3.8**

#### **Parallelloch-Kollimator**

KOLLIMATOR mit einer Vielzahl von parallel zueinander verlaufenden Bohrungen

### **3.9**

#### **Pinhole-Kollimator**

KOLLIMATOR mit einer kleinen Öffnung in einer Ebene vor dem STRAHLUNGSDETEKTOR

### **3.10**

#### **Adressen-Pile-Up**

<Gamma-Kamera> falsche Adressenberechnung eines artifiziellen Ereignisses, das vom ENERGIEFENSTER akzeptiert wird, jedoch aus zwei oder mehreren Ereignissen durch den PILE-UP-EFFEKT gebildet wird

### **3.11**

#### **Pile-Up-Effekt**

falsche Messung der Impulsamplitude, die durch die Absorption von zwei oder mehr Gammaquanten bewirkt wird, die denselben STRAHLUNGSDETEKTOR innerhalb der AUFLÖSUNGSZEIT erreichen

[IEC 61675-1, 2.7.4.1]

### **3.12**

#### **System-Ausbeute**

<Gamma-Kamera> Verhältnis der vom MESSKOPF gemessenen ZÄHLRATE zur AKTIVITÄT einer Flächenquelle bestimmter Form, die senkrecht und zentrisch zur KOLLIMATORACHSE angeordnet ist. Sie gilt für einen bestimmten KOLLIMATOR, ein bestimmtes Radionuklid, ein bestimmtes ENERGIEFENSTER und spezifizierte Randbedingungen.

ANMERKUNG Siehe auch Bild 2.

### **3.13**

#### **inhärente Linienbildfunktion**

LINIENBILDFUNKTION, die sich bei Einstrahlung durch eine kollimierte Linienquelle in den MESSKOPF ohne KOLLIMATOR ergibt

### **3.14**

#### **Linienbildfunktion des Messkopfes**

LINIENBILDFUNKTION, die mit einer unkollimierten Linienquelle in einem bestimmten Abstand  $Z$  von der EINTRITTSFLÄCHE des KOLLIMATOR gemessen wird

### **3.15**

#### **Äquivalenzbreite**

##### **EW**

Breite eines der LINIENBILDFUNKTION flächengleichen Rechtecks, wenn LINIENBILDFUNKTION und Rechteck gleiche maximale Höhe haben

### **3.16**

#### **örtliche Auflösung**

Fähigkeit, die Verteilung der Impulsdichten im Bild einer PUNKTQUELLE auf einen Punkt zu konzentrieren

[IEC 61675-1, 2.4]

### 3.17

#### **örtliche Systemauflösung**

<Gamma-Kamera> ÖRTLICHE AUFLÖSUNG in einem streuenden Medium für einen bestimmten KOLLIMATOR, ein bestimmtes Radionuklid und einen bestimmten Abstand von der EINTRITTSFLÄCHE des KOLLIMATORS

### 3.18

#### **inhärente örtliche Auflösung**

<Gamma-Kamera> ÖRTLICHE AUFLÖSUNG in Luft für ein bestimmtes Radionuklid und ohne KOLLIMATOR

### 3.19

#### **inhärentes Energiespektrum**

gemessene Häufigkeitsverteilung der Impulsamplituden für den MESSKOPF ohne KOLLIMATOR

ANMERKUNG Die Impulsamplituden werden in entsprechenden Energiewerten angegeben.

### 3.20

#### **inhärente Energieauflösung**

HALBWERTSBREITE der GesamtabSORPTIONSLINIE des INHÄRENTEN ENERGIESPEKTRUMS für ein bestimmtes Radionuklid

### 3.21

#### **Energieabhängigkeit der Ortung**

Abhängigkeit der szintigraphisch bestimmten Ortskoordinaten einer radioaktiven Quelle von der Einstellung des ENERGIEFENSTERS

### 3.22

#### **inhärente Inhomogenität**

INHOMOGENITÄT des MESSKOPFES ohne KOLLIMATOR

### 3.23

#### **System-Inhomogenität**

INHOMOGENITÄT des MESSKOPFES mit KOLLIMATOR

### 3.24

#### **örtliche Nichtlinearität**

Abweichung des Bildes einer geraden Linienquelle von einer Geraden

### 3.25

#### **inhärente örtliche Nichtlinearität**

ÖRTLICHE NICHTLINEARITÄT des MESSKOPFES ohne KOLLIMATOR

### 3.26

#### **Zählverlust**

Differenz zwischen gemessener ZÄHLRATE und WAHRER ZÄHLRATE, die durch die endliche AUFLÖSUNGSZEIT des Gerätes verursacht wird

[IEC 61675-1, 2.7.1]

### 3.27

#### **Zählrate**

Anzahl der Impulse je Zeiteinheit

[IEC 61675-1, 2.7.2]

## 4 Prüfverfahren

### 4.1 Allgemeine Bedingungen

Alle Messungen müssen mit Energiefenstern nach Tabelle 1 durchgeführt werden.

**Tabelle 1 — Radionuklide und Energiefenster zur Messung von Leistungsparametern**

| Radionuklid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Energiefenster<br>keV    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| $^{99m}\text{Tc}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $141 \pm 7,5 \%$         |
| $^{131}\text{I}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $364 \pm 10 \%$          |
| $^{67}\text{Ga}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $93, 184, 300 \pm 20 \%$ |
| $^{68}\text{Ga}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $511 \pm 10 \%$          |
| ANMERKUNG Da die Leistungsparameter einer GAMMA-KAMERA zwischen 122 keV ( $^{57}\text{Co}$ ) und 141 keV ( $^{99m}\text{Tc}$ ) sehr unterschiedlich sein können, ist $^{57}\text{Co}$ nicht als geeignetes Radionuklid angeführt. Seine Anwendung kann jedoch unter manchen Umständen nützlich sein, z. B. für die Qualitätskontrolle. |                          |

Zusätzlich können Messungen mit anderen ENERGIEFENSTERN, wie vom HERSTELLER angegeben, durchgeführt werden. Vor den Messungen muss die Kamera nach dem Verfahren abgeglichen werden, das der HERSTELLER üblicherweise für eine installierte Einheit benutzt. Die Kamera darf für die Messung bestimmter Parameter nicht jeweils speziell abgeglichen werden.

Wenn nicht anders angegeben, müssen die Messungen bei ZÄHLRATEN kleiner als  $20\,000\text{ s}^{-1}$  durchgeführt werden.

### 4.2 SYSTEM-AUSBEUTE

#### 4.2.1 Allgemeines

Die Ausbeute ist ein Parameter, der die Effektivität beschreibt, mit der ein System die von einer RADIOAKTIVEN QUELLE ausgesandte Strahlung erkennt, d. h. die Rate, mit der Ereignisse in Gegenwart einer RADIOAKTIVEN QUELLE im Bereich niedriger AKTIVITÄT, bei der ZÄHLVERLUSTE vernachlässigbar sind, erfasst werden. Die gemessene ZÄHLRATE für eine bestimmte AKTIVITÄT und ein bestimmtes RADIONUKLID hängt von vielen Faktoren ab, z. B. dem Detektormaterial, dessen Größe und Dicke, der Größe und Form der RADIOAKTIVEN QUELLE einschließlich ihrer Absorptions- und Streueigenschaften sowie der Totzeit des Geräts, dem ENERGIEFENSTER und dem KOLLIMATOR.

#### 4.2.2 Zweck

Zweck dieser Messung ist es, die nachgewiesene Rate von Ereignissen je Einheit der AKTIVITÄT für eine Standardvolumenquelle bestimmter Maße und für einen spezifizierten KOLLIMATOR zu ermitteln.

#### 4.2.3 Verfahren

Zur Messung der SYSTEM-AUSBEUTE wird eine bekannte Aktivitätsmenge eines spezifizierten RADIONUKLIDS im SICHTFELD des DETEKTORS der GAMMA-KAMERA platziert und die sich ergebende ZÄHLRATE gemessen. Aus diesen Werten wird die SYSTEM-AUSBEUTE berechnet. Die Messung hängt entscheidend von der genauen Bestimmung der RADIOAKTIVITÄT ab, wie sie in einem Aktivimeter oder Bohrlochzähler gemessen wird. Bei solchen Geräten ist es schwierig, eine absolute Kalibrierung mit Fehlergrenzen von kleiner  $\pm 10 \%$  durchzu-