

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

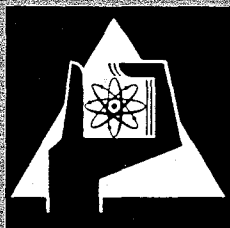
Juli 1970

KFK 1287

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Eine 2000-Ci-Cäsium-Bestrahlungsanlage für Kalibrierzwecke

H. Fessler, E. Piesch



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

Eine 2000-Ci-Cäsium-Bestrahlungsanlage für Kalibrierzwecke

A caesium 2000 Ci irradiation facility for calibration purposes

H. Fessler, E. Piesch Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, Kernforschungszentrum Karlsruhe

1. Einleitung

Zur Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten für den Strahlenschutz sind Bestrahlungsanlagen erforderlich, die Ionendosisleistungen von einigen 100 mR/h bis 1000 R/h liefern. Es ist zweckmäßig, dafür eine Bestrahlungsanlage mit mehreren verschiedenen starken Quellen vorzusehen. Bei der Wahl des Radionuklides wird man Cs 137 wegen seiner größeren Halbwertszeit sowie der leichteren Abschirmbarkeit gegenüber Co 60 bevorzugen. Das Nutzstrahlungsfeld sollte durch die Abschirmung der Quelle und durch zusätzliche Blenden auf die jeweils zur Kalibrierung unbedingt erforderliche Ausdehnung bechränkt bleiben. Es empfiehlt sich, senkrecht in die Höhe zu strahlen, um unerwünschte Streustrahlung und Strahlenschutzmaßnahmen möglichst einzuschränken.

Diese Überlegungen führten zum Bau einer Bestrahlungsanlage mit drei Cs-137-Quellen und einem senkrecht nach oben gerichteten Strahlenkegel. Bau und Konstruktion der Anlage wurden von der Firma [B 1] durchgeführt.

Im folgenden werden die bauliche Ausführung, die möglichen Betriebsarten der Bestrahlungsanlage sowie die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen beschrieben. Ferner wird über Dosisleistungsmessungen bei Inbetriebnahme der Anlage berichtet.

2. Beschreibung der Bestrahlungsanlage

Die Bestrahlungsanlage mußte in einer bereits vorhandenen Eichhalle mit einer nutzbaren Höhe von maximal 6 m installiert werden. Die Anlage besteht aus

- einem Abschirmbehälter, der drei Cs-137-Quellen von 2000 Ci, 150 Ci und 10 Ci enthält,
- einem Senkrechtaufzug mit Fahrkorb zur Aufnahme der zu kalibrierenden Geräte,
- einem von der Strahlenquelle möglichst weit entfernten Schaltpult.

Abschirmbehälter und Aufzug befinden sich in der Südwestecke der Eichhalle und sind von einem Schutzgitter aus Maschendraht umgeben. Dieser abgegrenzte Raum ist nur durch eine Tür zu betreten (Fig. 1).

Der Abschirmbehälter aus Blei ist im Boden versenkt und besteht aus 2 Teilen, dem Quellenträger und dem äußeren Abschirmbehälter (Fig. 2). Der Quellenträger ist ein um seine Rotationsachse drehbarer Flachzylinder, in dem die drei Präparate am Umfang verteilt eingebaut sind. Er ist im äußeren Abschirmbehälter drehbar gelagert und wird durch einen genügend kräftigen Stellmotor in die jeweils gewünschte Lage gebracht. Beide Teile sind eisenverkleidet. Durch die Eisenverkleidung und eine spezielle Abdichtung mit Bronzebuchsen kann auch im Falle einer äußeren Hitzeeinwirkung kein flüssiges Blei durch die Ritzen der Lagerung austreten.

Die äußere Abschirmung hat die Form eines an der Oberseite abgeflachten Zylinders. Sie besitzt an der Oberseite eine Strahlenaustrittsöffnung und einen in Bodenhöhe über der Austrittsöffnung automatisch verschiebbaren Blendenschieber. Durch den Blendenschieber (Fig. 3, unten) können drei verschieden große Nutzstrahlenkegel gewählt werden. In Ruhestellung wird die Austrittsöffnung durch den Blendenschieber

1. Introduction

The calibration of dosimeters used for radiation protection purposes requires appropriate irradiation facilities capable of providing exposure rates from a few hundred mR/h up to 1000 R/h. It is desirable to have available for this purpose an irradiation facility with several sources of different strengths. Among the available source nuclides, Cs 137 is preferable to Co 60 because of its longer half-life and easier shielding. The useful radiation field should be limited, by means of source shielding and of additional collimators, to the minimum dimensions required for the calibration task in hand. It is recommended to direct the beam cone vertically upwards so as to reduce as far as possible undesirable scatter radiation and the extent of the necessary radiation protection measures.

These considerations resulted in the construction of an irradiation facility with three Cs 137 sources and a beam cone directed vertically upwards. The facility was designed and built by [B 1].

We shall describe below the design and possible modes of operation of the facility, the necessary safety devices and arrangements, and some of the exposure rate measurement results obtained in the course of commissioning.

2. Description of the irradiation facility

The facility had to be installed in an existing calibration hall with a usable height not exceeding 6 m. The facility consists of:

- A shielding container housing three Cs 137 sources of 2000 Ci, 150 Ci and 10 Ci respectively;
- A vertical hoist with a travelling basket for the devices to be calibrated;
- A control cabinet located as far as possible from the source.

The shielding container and the hoist are located in the south-west corner of the calibration hall and are enclosed in a wire mesh cage. Access into this cage is possible only through a door (Fig. 1).

The shielding container in lead is located in a pit below floor level and consists of two parts—the source holder and the outer shielding container (Fig. 2). The source holder is a short cylinder into which the three sources are built-in around the periphery at 120° spacing. It is carried on bearings in the outer shielding container and can be rotated to any desired position with the aid of an appropriately powerful servomotor. Both the source holder and the outer container are clad with steel. This cladding, and a set of special sealing bushings in bronze, ensure that in the event of heating, e.g., by a fire in the calibration hall, no liquid lead can escape from the device.

The outer shielding container is also a horizontal lead cylinder, with its axis located higher than that of the sample holder and with a segment shaved off plane at the top. This top plane is pierced by a beam outlet opening capped at floor level by a remotely controlled collimator slide. This slide can accept three collimator inserts (Fig. 3 bottom) for

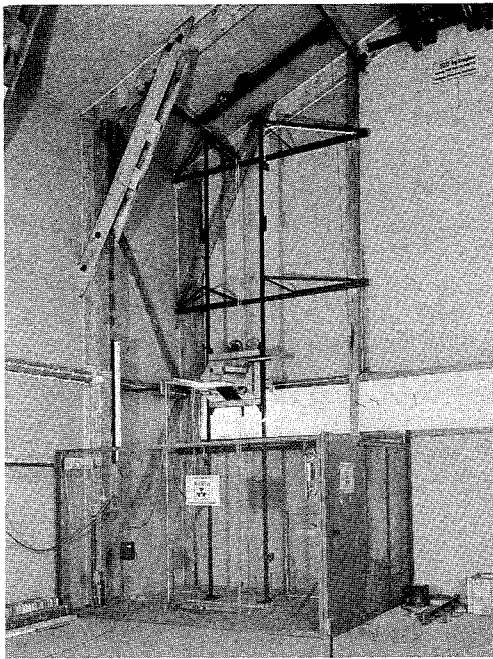


Fig. 1: Ansicht des Eichstandes, bestehend aus einer in den Boden versenkten Abschirmung mit Quellen und einer fahrbaren Kalibrierbühne mit Fernsehkamera

Fig. 1: View of the calibration stand with the shielding containing the sources countersunk below floor level and a movable calibration platform with a television camera

schieber aus etwa 5 cm Blei abgedeckt. Der Abschirmbehälter ist in einem Betonfundament im Boden verankert. Um den Abschirmbehälter bei einem eventuellen Brand gegenüber Wärmewirkung zu schützen, wurde er zusätzlich von einem Deckel aus eisenverkleidetem Hartholz umgeben.

Der Senkrechtzug mit Fahrkorb ist an der Rückwand und der Decke der Eichhalle abgestützt. Er dient zur Einstellung einer unterschiedlichen Distanz zwischen Quelle und Meßgerät. Der Fahrkorb ist aus Leichtmetall-Profilmaterial hergestellt und hat zwei Horizontalausleger mit einem freien zur Kalibrierung nutzbaren Zwischenfeld von etwa 60 cm × 60 cm. Die Fahrhöhe beträgt 50 bis etwa 550 cm Höhe über Fußboden. Der Fahrkorb ist für zwei Geschwindigkeiten ausgelegt (etwa 0,6 m/min und 0,1 m/min). Die jeweilige Höhe der Kalibrierbühne wird auf einem mitlaufenden Maßband vom Schaltpult aus mittels eines Monokulars abgelesen. Die Anzeige von Dosisleistungsmeßgeräten kann während der Kalibrierung in jeder Höhe des Fahrkorbes mittels einer Fernsehkamera vom Schaltpult aus verfolgt werden.

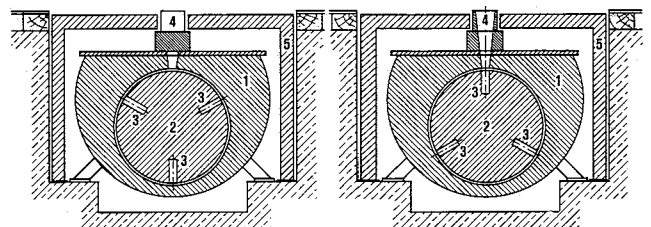
Das Schaltpult wurde in der Südostecke der Eichhalle aufgestellt. Es dient zur automatischen Betätigung des Blendschiebers, der Präparatetrommel, des Senkrechtzuges sowie einer Türverriegelung. Von hier aus können folgende Einstellungen der Bestrahlungsanlage gewählt werden:

Präparat: 0 – 10 – 150 – 2000 Ci.

Blende: Ruhestellung (5 cm Pb über Strahlenaustrittsöffnung) – Blende I – Blende II – Blende III.

Fahrkorb: Langsam aufwärts – schnell aufwärts – schnell abwärts – langsam abwärts.

Ein- und Ausstellung von Präparat und Blende wird durch je eine Lampe angezeigt. Zusätzlich wird Normalbetrieb oder ein eventueller Stromausfall signalisiert. Mit einer automatischen Zeitvorwahl kann die Bestrahlungsdauer eingestellt werden. Ein Betriebszustandsschreiber registriert bei Betrieb der Anlage die jeweilige Blende und Quelle.



1 Bleiabschirmung außen 4 Blendenschieber 1 Outer lead shielding 4 Collimator slide
2 Bleiabschirmung innen 5 Hartholzdeckel 2 Inner lead shielding 5 Hardwood cover panel
3 Quellenposition 3 Sources

Fig. 2: Querschnitt durch Abschirmung und Präparathalterung bei Ruhestellung und während der Bestrahlung

Fig. 2: Transverse section through the shielding and the source holder at rest (left) and during irradiation (right)

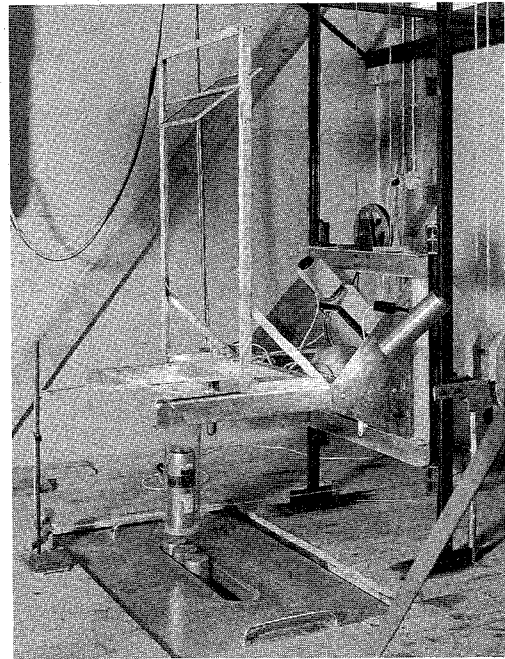


Fig. 3: Teilansicht des Eichstandes während der Kalibrierung eines Meßgerätes, Anlage in Ruhestellung. Unterhalb des Meßgerätes sind die drei mit Zinnfolie abgedeckten Blendeneinsätze und die eisenverkleidete Hartholzabdeckung zu erkennen

Fig. 3: Part view of the calibration stand with a dosimeter to be calibrated. The facility is at rest. Visible below the dosimeter are three collimator inserts capped with tin foil and the steel-clad hardwood cover panel

three different sizes of beam cone. In the resting position, the beam outlet opening in the outer shielding container is closed off by the approx. 5 cm thick solid part of the collimator slide, in lead, and the source holder is rotated by 60° so that all three sources are in blind positions.

The shielding container is anchored to a reinforced concrete foundation pit below floor level. As an additional protection against the effect of a fire in the building, the pit is covered with a steel-clad hardwood cover panel.

The vertical hoist with the travelling basket is attached to the ceiling and the rear wall of the calibration hall. It serves for varying the distance between the source and the device to be calibrated. The travelling basket is made of light metal profiles and has two horizontal outriggers with an available free field for calibration of approx. 60 cm × 60 cm. The range of travel is from 50 cm to approx. 550 cm above floor level. The device is capable of two hoisting speeds, a fast speed of approx. 0,6 m/min and a slow speed of 0,1 m/min. The basket carries an attached graduated tape off which the height of the basket above floor level can be read from

Neben den Bedienungselementen sind zusätzliche Sicherheitseinrichtungen verwirklicht:

- Die Anlage kann nur bei geschlossener Schutzgittertür eingeschaltet werden. Sie kann zusätzlich über eine mechanische Notöffnung innerhalb des Käfigs abgeschaltet und gleichzeitig blockiert werden.
- Bei Stromausfall oder mechanischer Notöffnung laufen Bandschieber und Präparatetrommel automatisch in die Ruhestellung zurück.
- Bei geöffneter Tür kann der Aufzug nicht betätigt werden.
- Die Entriegelung des Hauptschalters am Schaltpult sowie die Wiederverriegelung der mechanischen Notöffnung an der Innenseite der Schutzgittertür können nur mit demselben Schlüssel erfolgen.
- Zur Herabsetzung der auftretenden Streustrahlungsanteile ist das Schaltpult auf der der Anlage zugewandten Seite durch 6 mm Blei oder eine dazu äquivalente Bleiglasscheibe abgeschirmt.

3. Ausmessung des Nutzstrahlenfeldes

Die Dosisleistung längs der Strahlenkegelachse wurde für jede Quelle und Blende in Abhängigkeit vom jeweiligen wirksamen Quellabstand mit dem Simplex-Dosimeter [B 1] unter Benutzung der jeweils passenden Ionisationskammer aufgenommen. Es lassen sich durch Wahl der verschiedenen Parameter Dosisleistungen zwischen 4000 R/h und 0,1 R/h einstellen (Fig. 4).

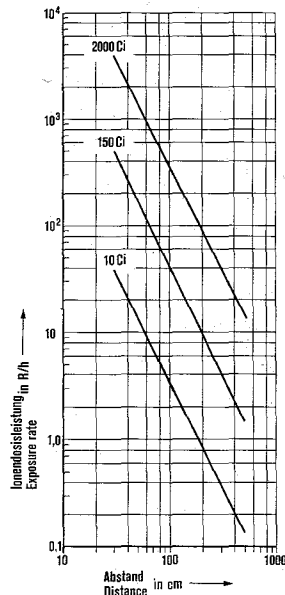


Fig. 4: Die für die Cs-137-Quellen von 10, 150 und 2000 Ci erzielten Dosisleistungen in Abhängigkeit vom Abstand von der Quelle, gemessen mit Blende III (großer Strahlenkegelquerschnitt)

Fig. 4: Exposure rates measured with the 10, 150, and 2000 Ci Cs 137 source and the large beam cone collimator III, plotted against the distance from the source

Das Nutzstrahlenfeld kann mit genügender Genauigkeit für jede Kombination Blende-Quelle als senkrecht auf der Spitze stehender Kegel betrachtet werden. Als Ort des gedachten Kegelmantels wird diejenige Entfernung von der Kegelachse angesehen, bei der die Dosisleistung auf 90% des Maximalwertes in der jeweiligen Höhe absinkt. Gemessen werden die horizontalen Strahlenkegelquerschnitte in zwei zueinander senkrechten Richtungen parallel zur Wand der Eichhalle. Fig. 5 zeigt ein Beispiel eines solchen Strahlenkegelquerschnitts.

Die Blendenauswahl erfolgt aufgrund der Ausdehnung des zu kalibrierenden Meßgerätes. Dazu dienen Kalibrierkurven wie in Fig. 5.

4. Strahlenenergie im Nutzstrahlenkegel

Die Cs-137-Quellen wurden an der Blendenaustrittsseite zusätzlich durch ein 1-mm-Zinnfilter abgedeckt. Damit sollen niederenergetische Strahlungsanteile, z. B. Rückstreustrahlung aus der Quelle und angeregte Fluoreszenz-K-Strahlung aus der Bleiwand der Blende, abgeschwächt werden. Diese Filterung wurde in einem getrennten Versuch mit einer Cs-137-

the control cabinet with a telescopic sight. During irradiation, the readings of the dosimeters being calibrated can be followed from the control cabinet with the aid of a television camera at any elevation of the travelling basket.

The control cabinet is located in the south-east corner of the calibration hall. It serves for the automatic remote control of the collimator slide, of the source holder, of the hoist and of the cage door lock. The following setting of the irradiation facility can be selected:

- Source holder: 0 – 10 – 150 – 2000 Ci
 Collimator slide: Resting (5 cm Pb over the beam outlet opening), collimator I, II or III.
 Travelling basket: Slowly upwards, fast upwards, fast downwards, slowly downwards.

The on and off positions of the source holder and of the collimator slide are each shown by a signal light. In addition, a light signals normal operation or disturbance. The duration of irradiation can be preset on an automatic timer. The collimator and the source used for each irradiation are recorded by a plotter.

In addition to the operating controls, the following safety interlocks and devices are provided:

- The facility can be switched on only when the cage door is shut. It can also be switched off and blocked in the resting position via a mechanical emergency opening inside the cage.
- In the event of power failure, or if the emergency opening mentioned above is opened, the collimator slide and the source holder are automatically retracted into the resting position.
- When the cage door is open, the hoist is blocked.
- The master switch at the control panel can only be unlocked, and the mechanical emergency opening on the inner side of the cage door can only be re-locked, with the same pull-out key.
- The control panel is shielded on the side facing the irradiation facility with 6 cm of lead or an equivalent lead glass window in order to reduce the level of scatter radiation.

3. Measuring the useful radiation field

The exposure rate for each of the nine possible source/collimator combinations was recorded along the axis of the beam cone, in function of the effective distance from the source, with a Simplex dosimeter [B 1] using ionisation chambers appropriate for the range of exposure rate. The range of exposure rates which can be achieved with various combinations of operating parameters extends from 0,1 R/h to 4000 R/h (Fig. 4).

For each source/collimator combination, the useful radiation field can be considered with sufficient accuracy as a

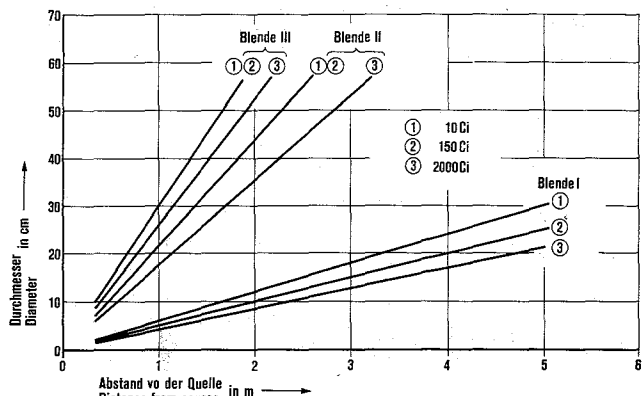


Fig. 5: Die Durchmesser der Nutzstrahlenkegel-Querschnitte in Abhängigkeit von Abstand, Blende und Präparat

Fig. 5: Diameters of the useful beam cone for different sources and collimators, plotted against the distance from the source

