

EUR 4762 d

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

**KALIBRIERUNGSVERGLEICH
VON GANZKÖRPERSTRAHLUNGSMESSANLAGEN
IN DEN LÄNDERN
DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN**

von

H. SCHMIER

1972



LIBRARY

Bericht abgefaßt vom
Bundesgesundheitsamt, Abteilung für Strahlenhygiene, Berlin (Deutschland)

Euratom-Vertrag Nr. 041-68-7 PSTD

HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Gemeinschaften ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, ihre Vertragspartner und die in deren Namen handelnden Personen :

keine Gewähr dafür übernehmen, daß die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder daß die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;

keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird in den auf der vierten Umschlagseite genannten Vertriebsstellen

zum Preise von FB 70,—

verkauft.

Es wird gebeten, bei Bestellungen die EUR-Nummer und den Titel anzugeben, die auf dem Umschlag jedes Berichts aufgeführt sind.

**Kommission der
Europäischen Gemeinschaften
GD XIII - CID
29, rue Aldringen
L u x e m b o u r g**

EUR 4762 d

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

KALIBRIERUNGSVERGLEICH
VON GANZKÖRPERSTRAHLUNGSMESSANLAGEN
IN DEN LÄNDERN
DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

von

H. SCHMIER

1972



Bericht abgefaßt vom
Bundesgesundheitsamt, Abteilung für Strahlenhygiene, Berlin (Deutschland)

Euratom-Vertrag Nr. 041-68-7 PSTD

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesgesundheitsamt in Berlin einen Kalibrierungsvergleich von Ganzkörperstrahlungsmessungen mit „lebenden Phantomen“ und „Wasserphantomen“ ausgeführt. Mit diesem Vergleich von Phantomen sollten nicht nur die Kalibrierungsunterschiede des Personenvergleichs beseitigt werden, den Meßstellen sollte auch Gelegenheit gegeben werden, für alle Anlagen eine einheitliche Gewichts- und Größenkorrektur über einen weiten Bereich einzuführen.

Trotz unterschiedlicher Meßmethode, Geometrie und Meßzeit wurde teilweise eine recht gute Übereinstimmung der Meßergebnisse von Personen erzielt.

Der Kalibrierungsvergleich mit Wasserphantomen hat die Ergebnisse des Kalibrierungsvergleichs mit Personen weitgehend bestätigt. Die Übereinstimmung der Meßergebnisse im mittleren Gewichtsbereich muß ohne eine Korrektur als sehr gut bezeichnet werden.

Der Kalibrierungsvergleich mit „lebenden“ und Wasserphantomen hat keinerlei Anhalt dafür ergeben, daß für diese Meßaufgabe die Ganzkörperstrahlungsmeßanlage eines bestimmten Typs besondere Vor- oder Nachteile bietet. Bei sorgfältiger Kalibrierung läßt sich auch mit wenig aufwendigen Meßanlagen der Kalium- und Cäsium-137-Gehalt von Personen mit ausreichender Genauigkeit bestimmen.

SCHLAGWÖRTER

RADIATION DOSES	CONTAMINATION
DOSEMETERS	RADIOSENSITIVITY
MOCKUP	MAN
STANDARDS	WATER
MEASURED VALUES	POTASSIUM ISOTOPES
EFFICIENCY	CÄSIUM-137
PERFORMANCE	EUROPEAN COMMUNITIES
WHOLE-BODY COUNTING	BODY
RADIOACTIVITY	WEIGHT
SAFETY	

INHALT

Vorwort von Dr. P. Recht	5
1. Einleitung	7
A) 2. Ergebnisse des Kalibrierungsvergleichs mit Personen	8
3. Diskussion der Ergebnisse des Kalibrierungsvergleichs mit Personen	9
4. Schlußfolgerungen aus dem Kalibrierungsvergleich mit Personen	10
B) 5. Ergebnisse des Kalibrierungsvergleichs mit Phantomen	10
6. Diskussion der Ergebnisse des Kalibrierungsvergleichs mit Phantomen	12
7. Schlußfolgerungen aus dem Kalibrierungsvergleich mit Phantomen	12
Tabellen 1-14	13
Abbildungen 1-20	28
Anhang I — Zusammenstellung der beim Kalibrierungsvergleich mit Phantomen verwendeten Körperrnachbildungen	43
Anhang II — Verzeichnis der Teilnehmer der Sachverständigensitzungen.	49

Business Ethics and the Business Case

Abstract This article discusses the relationship between business ethics and the business case.

The business case is a central concept in business ethics. It is the idea that ethical behavior is good for business. The business case is often used to justify ethical behavior. However, the business case is not always clear. There are many different ways to think about the business case. This article discusses the relationship between business ethics and the business case. It argues that the business case is not always clear and that it is important to think about the business case in a more nuanced way. The article also discusses the importance of business ethics and how it can be used to improve business performance.

Keywords Business ethics · Business case · Ethics · Business performance

1 Introduction

The business case is a central concept in business ethics. It is the idea that ethical behavior is good for business. The business case is often used to justify ethical behavior. However, the business case is not always clear. There are many different ways to think about the business case. This article discusses the relationship between business ethics and the business case. It argues that the business case is not always clear and that it is important to think about the business case in a more nuanced way. The article also discusses the importance of business ethics and how it can be used to improve business performance.

2 The Business Case

The business case is the idea that ethical behavior is good for business. It is often used to justify ethical behavior. However, the business case is not always clear. There are many different ways to think about the business case. This article discusses the relationship between business ethics and the business case. It argues that the business case is not always clear and that it is important to think about the business case in a more nuanced way. The article also discusses the importance of business ethics and how it can be used to improve business performance.

3 Business Ethics

Business ethics is the study of moral principles and values that govern the behavior of individuals and organizations in the business world. It is a branch of ethics that focuses on the application of moral principles to business practices. Business ethics is important because it helps to ensure that businesses operate in a fair and ethical manner. This article discusses the relationship between business ethics and the business case. It argues that the business case is not always clear and that it is important to think about the business case in a more nuanced way. The article also discusses the importance of business ethics and how it can be used to improve business performance.

4 Business Performance

Business performance is the measure of how well a business is doing. It is often measured in terms of profit, sales, and market share. Business performance is important because it helps to determine the success of a business. This article discusses the relationship between business ethics and the business case. It argues that the business case is not always clear and that it is important to think about the business case in a more nuanced way. The article also discusses the importance of business ethics and how it can be used to improve business performance.

5 Conclusion

The business case is a central concept in business ethics. It is the idea that ethical behavior is good for business. The business case is often used to justify ethical behavior. However, the business case is not always clear. There are many different ways to think about the business case. This article discusses the relationship between business ethics and the business case. It argues that the business case is not always clear and that it is important to think about the business case in a more nuanced way. The article also discusses the importance of business ethics and how it can be used to improve business performance.

VORWORT

Im Rahmen von Kapitel III des Euratom-Vertrags betreffend den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen in der Europäischen Gemeinschaft ist es von außerordentlicher Bedeutung, daß die sich auf diese Strahlung beziehenden Messungen so aufeinander abgestimmt werden, daß die Ergebnisse miteinander verglichen werden können. Um eine solche Vergleichbarkeit zu erreichen, werden von der Kommission zusammen mit beteiligten und interessierten Stellen verschiedene Arten von vergleichenden Untersuchungen durchgeführt. Diese Programme beziehen sich sowohl auf die Messung der radioaktiven Verunreinigung der Umwelt als auch auf die Messung der Strahlungen, denen die Arbeitnehmer auf dem Kernsektor ausgesetzt sind.

Der vorliegende Bericht vermittelt einen Überblick über die Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung insbesondere auf dem Gebiet des Schutzes der Arbeitskräfte.

Diese Forschung, die praktisch zwei Programme umfaßt, ist in Zusammenarbeit zwischen der Kommission und dem Bundesgesundheitsamt in Berlin vorbereitet und durchgeführt worden. Sie hatte allerdings einen ganz besonderen Charakter, weil vor allem während des ersten Programms zwei Gruppen lebender „Phantome“ zur Verfügung standen, die innerhalb eines sehr kurzen Zeitraums zu verschiedenen Arten in der Gemeinschaft gereist sind, um sich in 21 Anlagen Messungen zu unterziehen.

Auch das zweite Programm, bei dem ein „Flaschenphantom“ über ein Jahr unterwegs war, das in 24 Anlagen Messungen unterworfen wurde, hatte wegen der zufriedenstellenden Durchführung des ursprünglichen Reise- und Meßplans einen besonderen Charakter. Daß dies alles möglich war, ist in erster Linie der guten internationalen Zusammenarbeit innerhalb der Gemeinschaft zwischen den hieran beteiligten Stellen zuzuschreiben.

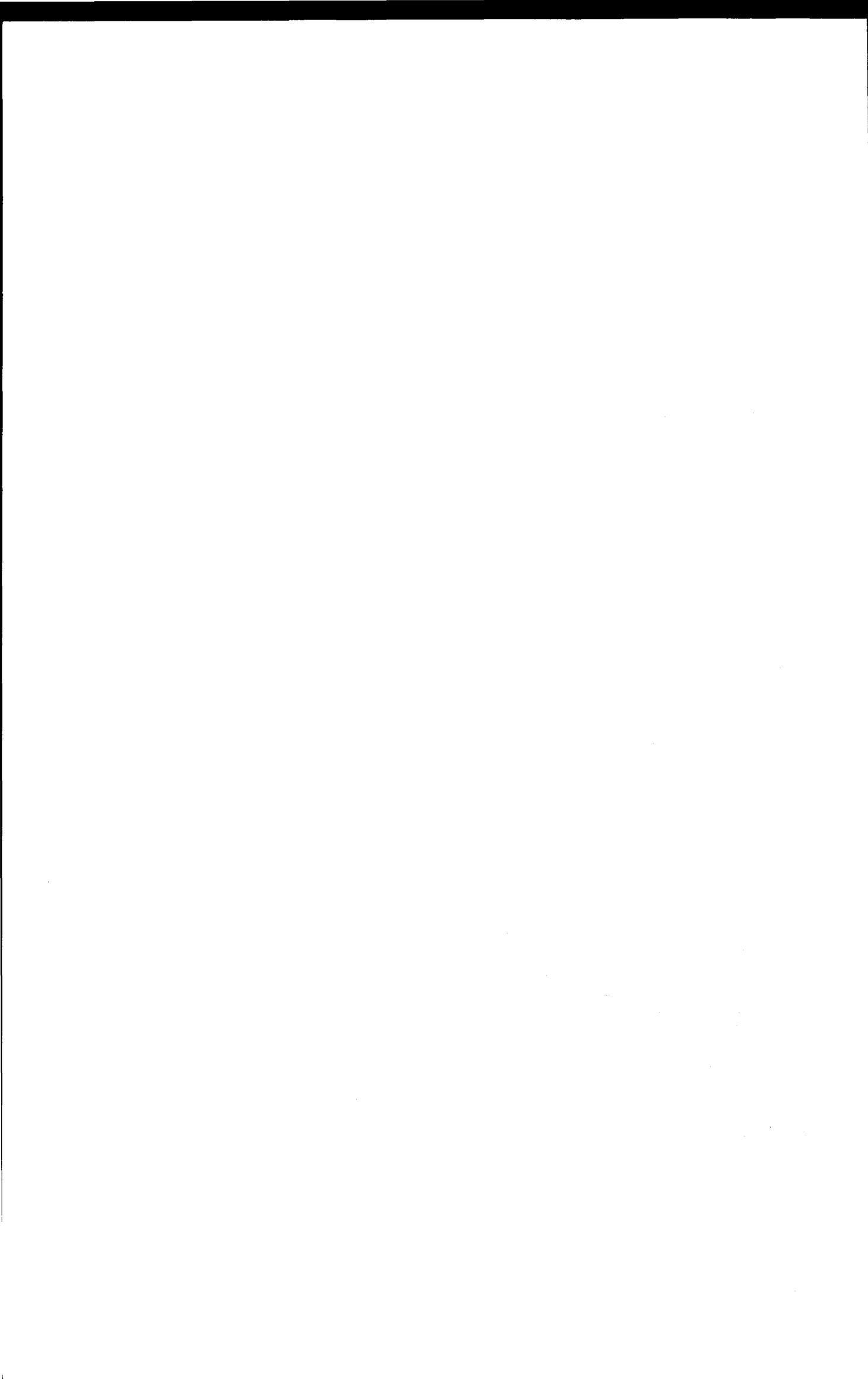
Die große Bedeutung, die die Sachverständigen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes einem derartigen Programm beimessen, läßt sich dadurch erkennen ebenso wie auch die Offenheit, mit der die Ergebnisse auf den zwei Sitzungen in Berlin (13. und 14. Dezember 1967) und in Luxemburg (25. und 26. September 1969) von den Sachverständigen kommentiert wurden.

Aus den Ergebnissen des zweiten Programms ist zu ersehen, wie die Diskussionen in Berlin über das erste Programm zu einer ansehnlichen Verbesserung der Ergebnisse beigetragen haben.

Ich möchte an dieser Stelle ganz besonders Herrn Dr. Schmier sowohl zu seiner Initiative, in Deutschland ein derartiges Programm durchzuführen, das anschließend auf die ganze Gemeinschaft ausgedehnt wurde, als auch zu der Art und Weise, in der er die Ergebnisse der zwei Programme in diesem Bericht ausgewertet hat, beglückwünschen. Die bei der Durchführung der beiden vergleichenden Studien geleistete umfangreiche Arbeit und die Bereitwilligkeit der Damen und Herren, sich so häufig im Rahmen eines sehr gedrängten Reiseplans — während kürzerer oder längerer Zeit in einsamer Absonderung — messen zu lassen, verdienen besondere Erwähnung und Würdigung.

Ich rechne damit, daß die Veröffentlichung dieser Studie einen wertvollen und nützlichen Beitrag zum Gesundheitsschutz gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen auf der Ebene der Europäischen Gemeinschaften liefern wird.

Dr. P. RECHT



KALIBRIERUNGSVERGLEICH VON GANZKÖRPERSTRAHLUNGSMESSANLAGEN IN DEN LÄNDERN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

H. SCHMIER

Bundesgesundheitsamt,
Abteilung für Strahlenhygiene

1 — EINLEITUNG

Bei Vergleichsmessungen über den Cäsium-137- und Kalium-Gehalt von Personen zwischen der Ganzkörperstrahlungsmeßanlage des Bundesgesundheitsamts und anderen Anlagen im europäischen Raum stellten sich Unterschiede in der Aktivitätsangabe heraus. Als Fehlerquellen kamen sowohl unterschiedliche Aktivitätsangaben der verwendeten Kalibrierungslösungen als auch unterschiedliche Kalibrierungs- und Auswertungsverfahren in Betracht. Als Leitstelle für das Kapitel „Radioaktive Stoffe im menschlichen Körper und in Ausscheidungen“ der Jahresberichte „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“, herausgegeben vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft, hatte das Bundesgesundheitsamt ursprünglich die Absicht, mit einem Kalibrierungsvergleich von Personen der Ganzkörperstrahlungsmeßanlagen in der Bundesrepublik Deutschland festzustellen, wieweit für diese Anlagen die Ergebnisse des Cäsium-137- und Kalium-Gehalts übereinstimmen, um sie in Sammelstatistiken bewerten zu können. Wir hatten ferner die Absicht, aus den Ergebnissen des Vergleichs eventuell Schlüsse über die Verwendbarkeit einzelner geometrischer Anordnungen zu ziehen. Auf Wunsch der Direktion Gesundheitsschutz der Kommission der Europäischen Gemeinschaften haben wir diesen Vergleich auf die Länder der Europäischen Gemeinschaften ausgedehnt. Es wurde bewußt darauf verzichtet, vor dem Kalibrierungsvergleich den Meßstellen Eichlösungen oder Phantome mit bekannter Aktivität zur Verfügung zu stellen. Aus zeitlichen und Gewichtsgründen war es nicht möglich, während der Reisen ein Wasserphantom mit bekanntem Cäsium-137- und Kalium-Gehalt mitzuführen, um dieses Phantom parallel mit den Personen messen zu können.

Auf Einladung der Direktion Gesundheitsschutz der Europäischen Gemeinschaften fand im Dezember 1967 in Berlin eine erste Sachverständigensitzung statt, an der alle an dem Vergleich beteiligten Meßstellen vertreten waren. Dort berichteten auch italienische Sachverständige über einen entsprechenden Kalibrierungsvergleich von Personen in ihrem Land. Auf dieser Sitzung wurde beschlossen, das Cäsium-137- und Kalium-Kalibrierungsprogramm an Personen durch ein solches an einem Wasserphantom mit bekanntem Cäsium-137- und Kalium-Gehalt zu ergänzen, um so eine einheitliche Kalibrierung der Geräte zu erzielen. Mit diesem Vergleich von Phantomen sollten nicht nur die Kalibrierungsunterschiede des Personenvergleichs beseitigt werden, den Meßstellen sollte auch Gelegenheit gegeben werden, für alle Anlagen eine einheitliche Gewichts- und Größenkorrektur über einen weiten Bereich einzuführen. Für den Vergleich wurde das vom Bundesgesundheitsamt benutzte Phantom, bestehend aus runden 1 und 2-Liter- Kunststoffflaschen, ausgewählt, das in vorgegebener Anordnung von 10 kg/110 cm — 100 kg/180 cm zusammengestellt werden mußte (Anlage 1). Das gesamte Flaschenphantom, bestehend aus 47 zwei und

sechs 1-Liter-Flaschen, verpackt in fünf Kisten, wurde im Frühjahr 1968 auf die mehr als einjährige Rundreise zu den einzelnen Anlagen geschickt. Inzwischen haben sich noch zwei weitere Meßanlagen an unsere Kalibrierung angeschlossen. Die Ergebnisse des Wasserphantomprogramms sind während einer zweiten Sachverständigensitzung (Luxemburg 1969) diskutiert worden.

A - 2 — ERGEBNISSE DES KALIBRIERUNGSVERGLEICHS MIT PERSONEN

Für den Kalibrierungsvergleich wurden fünf Angehörige der Abteilung für Strahlenshygiene beiderlei Geschlechts und verschiedener Konstitution ausgewählt, die zur Referenzgruppe des Bundesgesundheitsamts gehörten. Die Kennzeichnung dieser Personen *a*, *b*, *c*, *d* und *e* ist in *Tabelle 1* dargestellt. Drei Personen (*b*, *c*, *d*) sind nach ihrer Konstitution dem „Standardmenschen“ ähnlich, während die Personen *a* und *e* solche mit extremer Konstitution sind. Aus organisatorischen Gründen mußte die Reise in zwei Etappen durchgeführt werden, die etwa drei Monate auseinander lagen, daß für ihrer Vergleichbarkeit Korrekturen für den Cäsium-137-Gehalt eingeführt werden mußten, die bei unserer Meßanlage ermittelt wurden. Im Kaliumgehalt der Personen zeigten sich keine Schwankungen, die eine Korrektur erforderten. Vor und nach den beiden Reisetappen wurden die Personen mehrmals in unserer Anlage gemessen. Während der Reisen hielten die Personen nach Möglichkeit ihre normale Ernährungsweise aufrecht und vermieden insbesondere Pilzgerichte, um eine Beeinflussung des Cäsium-137-Gehalts zu vermeiden. Der Zeitplan für die Durchführung der beiden Kalibrierungsetappen wurde mit den einzelnen Institutionen im allgemeinen telefonisch abgesprochen. Er war aber nur dank der hervorragenden Unterstützung durch die beteiligten Stellen, vor allem durch die Direktion Gesundheitsschutz der Europäischen Gemeinschaften, einzuhalten. Besonders erwähnt werden soll, daß alle 18 Meßstellen, die sich an dem Vergleich beteiligt haben, zum vereinbarten Zeitpunkt ohne technische Schwierigkeiten, z.B. Geräteausfall, die Messungen durchführen konnten. Zwei Anlagen in Kernforschungszentren hatten lediglich wegen ungünstiger meteorologischer Bedingungen (Argon-41 in der Luft der Meßkammern) Schwierigkeiten bei der Auswertung der Ergebnisse. Meßzeit und Meßanordnung wurden bei den einzelnen Anlagen so gewählt, wie sie dort üblich waren. Die Messungen wurden zum Teil in Straßenkleidung, im allgemeinen aber in von der Anlage zur Verfügung gestellter spezieller Kleidung durchgeführt.

Die Aufgaben der beteiligten Meßanlagen sind sehr unterschiedlich: Neben solchen, die in erster Linie Forschungszwecken dienen, befinden sich solche, die in erster Linie Inkorporationskontrollen beruflich strahlenexponierter Personen durchführen und solche, die überwiegend medizinischen Zwecken dienen. Auch Konstruktion und apparative Ausstattung der Meßanlagen war sehr unterschiedlich. Die wesentlichsten Merkmale sind in *Tabelle 2* zusammengestellt. Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß praktisch alle Typen von Ganzkörperstrahlungsmeßanlagen, auch bezüglich Meßgeometrie, verwendet werden. Die Meßzeiten für eine Person schwanken bei den einzelnen Anlagen zwischen 10 und 40 Minuten. Der Nulleffekt wird bei einigen Anlagen täglich mindestens einmal, bei anderen regelmäßig vor und nach jeder Personenmessung und mitunter auch nur unregelmäßig gemessen. Die Methode der Kalibrierung der Anlagen ist naturgemäß ebenfalls nicht einheitlich. Einige verwenden zylinderförmige Phantome und rechnen auf Körperkonstitution um, andere verwenden Körperphantome oder der Körperform nachgebildete Kunststoffphantome mit in Wasser gelösten radioaktiven Stoffen. Wenige haben mit gutem Erfolg ihre Umrechnungsfaktoren durch Vergleichsmessung von Personen ermittelt, deren Gehalt an Cäsium-137 und Kalium aus Messungen bei anderen Anlagen bekannt war. Die Mitteilung der Ergebnisse der Personen-Vergleichsmessungen erfolgte bei wenigen Stationen noch während der Anwesenheit der Versuchsperson, d.h. mit einer Auswertungsverzögerung von maximal zwei Stunden. In der Mehrzahl der Fälle wurden die Ergebnisse

innerhalb einer Woche mitgeteilt, während einige Anlagen auch einige Wochen bis zur Übermittlung der Meßergebnisse benötigten.

Die Meßergebnisse des Kaliumgehalts der einzelnen Anlagen für die fünf Versuchspersonen sind in *Tabelle 3*, die des Cäsium-137-Gehalts in *Tabelle 4* dargestellt. Um die Anonymität zu wahren, sind die Meßanlagen mit großen Buchstaben bezeichnet. Diese Schlüsselbuchstaben sind willkürlich gewählt; sie geben weder eine Rangfolge über die Zuverlässigkeit der Meßergebnisse noch über die Schnelligkeit der Übermittlung der Ergebnisse wieder. Die Kaliumgehalte sind auf Gramm Kalium, die Cäsiumgehalte auf Zehntel Nannocurie auf- oder abgerundet. Die angegebenen Genauigkeiten wurden von den Meßanlagen mitgeteilt. Teilweise ist der statistische Zählfehler $\pm 1\sigma$ oder $\pm 2\sigma$, teilweise auch der geschätzte Gesamtfehler angegeben. Prozentangaben wurden in absolute Werte umgerechnet. Die Meßergebnisse der Station Q sind nachträglich wegen Schwierigkeiten mit der Elektronik von der Meßanlage mit Vorbehalt versehen worden. Wir haben sie aber doch in den Vergleich aufgenommen. Einige Anlagen haben nach dem Personenkalibrierungsvergleich ihre Kalibrierung überprüft und korrigierte Werte mitgeteilt. Diese Korrekturen sind in den Tabellen angemerkt, wurden aber für die Auswertung berücksichtigt. Eine Korrektur der Meßergebnisse des Cäsium-137-Gehalts der zweiten Reise war, wie bereits früher erwähnt, wegen der in der Meßanlage des Bundesgesundheitsamts verfolgten zeitlichen Abnahme des Cäsium-137-Gehalts erforderlich. Eine graphische Darstellung der Meßergebnisse der einzelnen Personen wird für den Kaliumgehalt in den *Abbildungen 1-5* und für den Cäsium-137-Gehalt in den *Abbildungen 6-10* gegeben. In diesen Darstellungen ist jeweils der Mittelwert als durchgezogene Linie, der Streubereich $\pm 1\sigma$ als gestrichelte Linie eingezeichnet. Aus den Tabellen und vor allem aus den graphischen Darstellungen ist zu erkennen, daß die Angaben einzelner Anlagen immer in der gleichen Richtung vom Mittelwert abweichen, was auf einen systematischen Fehler der Kalibrierung schließen läßt. Man könnte daraus durchaus rechtfertigen, diese Angaben bei der Mittelwertbildung nicht zu berücksichtigen. Wir haben dies aber nicht getan, sondern jeweils den Mittelwert aus allen Meßergebnissen gebildet. Der Fehler, der dabei gemacht wird, ist klein.

Eines der Ziele des Kalibrierungsvergleichs war es zu prüfen, wieweit die Ergebnisse der einzelnen Anlagen übereinstimmen, um sie in Sammelstatistiken verwenden zu können. Dies wäre dann erreicht, wenn man für jede Station einen Korrekturfaktor zum wahren Wert des Cäsium-137- und Kalium-Gehalts der Personen bestimmen würde. Da der wahre Wert aber weder bekannt ist noch aus den Meßergebnissen ermittelt werden kann, blieb nur die Möglichkeit, einen Korrekturfaktor zum Mittelwert für jede Messung zu berechnen. Auf diese Weise läßt sich eine Harmonisierung der Meßergebnisse der beteiligten Anlagen auch für spätere Messungen erreichen. Die Korrekturfaktoren jeder Meßstelle zum Mittelwert jeder Person sind für die Kaliumgehaltsbestimmung in *Tabelle 5* und für die Cäsium-137-Gehaltsbestimmung in *Tabelle 6* angegeben. Die Tabellen enthalten ferner Zahlen für den Mittelwert des Korrekturfaktors sowie über die größte Differenz zwischen zwei Korrekturfaktoren. Der mittlere Korrekturfaktor ist ein Maß für die Genauigkeit der Messungen relativ zum Mittelwert, während die größte Differenz unabhängig von der Genauigkeit, d.h. von eventuell systematischen Kalibrierungsfehlern, ein Maß für die Reproduzierbarkeit der Messungen darstellt.

3 — DISKUSSION DER ERGEBNISSE DES KALIBRIERUNGSVERGLEICHS MIT PERSONEN

Tabelle 5 zeigt, daß der mittlere Korrekturfaktor für den Kaliumgehalt bei 11 von 17 Meßanlagen innerhalb $\pm 10\%$ liegt, ein Ergebnis, was als sehr gut zu bezeichnen ist. Fünf weitere Anlagen haben systematische Abweichungen, denn ihr Meßergebnis wird im Vergleich zum Mittelwert immer zu groß (O, P) oder zu klein (F, I, Q) angezeigt. Bei der Meßstelle K konnte

aus zeitlichen Gründen die Person e nicht gemessen werden. Der große Korrekturfaktor für die Person a deutet aber darauf hin, daß der benutzte Korrekturfaktor für die Konstitution der Versuchsperson (Gewichtskorrektur) überprüft werden muß. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ist bei 14 von 17 Meßanlagen als gut zu bezeichnen.

Aus *Tabelle 6* geht hervor, daß der mittlere Korrekturfaktor für den Cäsium-137-Vergleich nur bei 7 der 17 Meßanlagen maximal 10 % vom Mittelwert abweicht. 7 Anlagen haben systematische Unterschiede. Die Ergebnisse der Anlagen C, E, F, I und M liegen zu niedrig, die der Anlagen O und P zu hoch. Die Anlagen L, Q und S müssen ihre Kalibrierungen überprüfen. Wenn auch die Abweichungen der Korrekturfaktoren, vor allem bei den beiden Personen mit extremer Konstitution, größer sind als bei der Kaliumgehaltsangabe, kann die Reproduzierbarkeit bei 14 der 17 Anlagen als gut bezeichnet werden.

4 — SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEM KALIBRIERUNGSVERGLEICH MIT PERSONEN

Trotz unterschiedlicher Meßmethode, Geometrie und Meßzeit wurde teilweise eine recht gute Übereinstimmung der Meßergebnisse erzielt. Die Meßaufgabe, vor allem den niedrigen Cäsium-137-Gehalt der Person e (etwa 0,1 ‰ der maximal zugelassenen Menge für beruflich strahlenbeschäftigte Personen) zu bestimmen, war nicht leicht. Die Wirkung der Abschirmung einiger Anlagen reicht hier nicht aus, um einen so niedrigen Wert mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Bei einigen Meßanlagen in Kernforschungszentren wurde die Auswertung noch dadurch erschwert, daß während der Messung erhöhte Argon-41-Konzentrationen der Luft im Meßraum der Ganzkörperstrahlungsmeßanlagen durch Freisetzungen in der Nähe befindlicher Forschungsreaktoren auftraten. Da es sich bei den Personen um „lebende Phantome“ handelte, deren wahrer Kalium- bzw. Cäsium-137-Gehalt nicht bekannt war, wurde von den Vertretern der Meßanlagen beschlossen, einen weiteren Kalibrierungsvergleich mit einem Phantom bekannten Kalium- und Cäsium-137-Gehalts durchzuführen. Durch diesen Vergleich sollten alle Anlagen auch Gelegenheit haben, eine Gewichts- und Größenkorrektur für die Konstitution der Personen einzuführen. Bis zu diesem Zeitpunkt haben nur wenige Anlagen eine solche Korrektur benutzt.

Der Kalibrierungsvergleich mit Personen hat keinerlei Anhalt dafür ergeben, daß bei gleichmäßiger Verteilung von Cäsium-137 und Kalium im Körper die Ganzkörperstrahlungsmeßanlage eines bestimmten Typs besondere Vor- oder Nachteile bietet.

B - 5 — ERGEBNISSE DES KALIBRIERUNGSVERGLEICHS MIT PHANTOMEN

Für den Kalibrierungsvergleich mit Phantomen wurden robuste runde 1- und 2-Liter-Kunststoffflaschen benutzt, die bis zu einer Höhe von etwa 20 cm, was etwa der Dicke einer Person entspricht, gefüllt wurden. Der Schraubverschluß der Flaschen wurde mit einer Gummidichtung fest verschlossen. Die ganze Flasche darüber hinaus in eine Kunststoffolie eingeschweißt. Die Flaschen waren nach der im Anhang gegebenen Anordnung zur Messung als Einzelphantome zwischen 10 und 100 kg Lösung zusammenzustellen. Den Anlagen mit Stuhlgeometrie war es freigestellt, die Flaschen in entsprechender Form zusammenzusetzen. Durch diese Anordnung sollte jeweils die Körperform einer Person nachgebildet werden. Beim Zusammenstellen zylindrischer Behälter entstehen immer nicht ausgefüllte Luftspalten und damit gibt es über das gesamte

Volumen verteilt Dichteunterschiede. Es hat sich gezeigt, daß der Fehler, der dadurch entsteht, etwa kompensiert wird dadurch, daß bei dem Phantom die Füllhöhe der Flaschen bis zur Seitenbegrenzung des Phantoms konstant bleibt. Jede Meßstelle sollte die zehn Phantomformen möglichst zweimal an zwei verschiedenen Tagen messen. Es war ferner darum gebeten worden, die Messung immer mit dem kleinsten Phantom zu beginnen und jedes Phantom neu aufzubauen. Bei der Zusammenstellung der Meßergebnisse fehlen von einigen Anlagen die Werte für das 100 kg Phantom. Bei diesen Anlagen konnte auf dem Meßstuhl bzw. in dem Bett ein 100 kg Phantom nicht zusammengebaut werden. Die Flaschen enthielten homogene wäßrige Lösungen von K Cl und Cs Cl. Der Kaliumgehalt betrug 2,7 g K/l, der Cäsium-137-Gehalt zum Zeitpunkt des Einfüllens 1,75 nCi/l. Die Cäsium-137-Lösung wurde von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig mit einer Fehlerbreite der Aktivitätsangabe von $\pm 3\%$ nachkalibriert. Die von einem Sachverständigen geäußerte Vermutung, das zur Einwaage benutzte K Cl könnte auch einige Gewichtsprozent Kristallwasser enthalten haben, hat sich nicht bestätigt. Das in fünf Holzkisten verpackte Flaschenphantom kam nach mehr als einjähriger Rundreise in sehr gutem Zustand wieder nach Berlin zurück. Alle Flaschen waren unbeschädigt, lediglich eine Kunststoffumhüllung wurde wegen des Verdachts der Undichtigkeit der Flasche von einer Meßstelle geöffnet und ersetzt. Die Flasche war dann wieder in Ordnung; eine Undichtigkeit wurde nicht beobachtet.

An dem Kalibrierungsvergleich mit Phantomen beteiligten sich neben den 18 Anlagen des ersten Vergleichs auch die italienischen Anlagen und einige inzwischen neu installierte Ganzkörperstrahlungsmeßanlagen. Auch bei diesen Anlagen handelt es sich um solche mit sehr unterschiedlichen Aufgaben, unterschiedlicher Konstruktion und apparativer Ausstattung. Die wesentlichsten Merkmale der sechs neu am Phantomvergleich beteiligten Meßanlagen sind in *Tabelle 2a* zusammengestellt.

Den einzelnen Meßanlagen wurde zunächst nicht der wahre Kalium- und Cäsium-137-Gehalt der Flaschen mitgeteilt, vielmehr sollten die Werte für die bisherige Kalibrierung angegeben werden. Erst nach Vorliegen dieser Angaben wurden die wahren Werte übermittelt. Einige Meßstellen haben ihre Meßwerte nachträglich korrigiert, so daß auf Beschluß der Sachverständigen in einer zweiten Sitzung im September 1969 in Luxemburg in diesem Bericht sowohl eine Tabelle der unkorrigierten als auch der korrigierten Werte aufgenommen wurde. Eine Meßstelle hat aufgrund einer eigenen sehr guten Kalibrierung für ein 70 kg Phantom und der Kenntnis, daß es sich um homogene Lösungen handelt, Korrekturfaktoren für die anderen Phantome ermittelt und damit ein gutes Ergebnis mitgeteilt. Obwohl diese Faktoren vor dem Bekanntwerden des wahren Wertes erarbeitet wurden, sind in den Tabellen beide Werte aufgenommen worden, denn die Korrekturfaktoren wurden im Zusammenhang mit dem Kalibrierungsvergleich erarbeitet. Wegen der langen Laufzeit des Vergleichs mußten die Werte des Cäsium-137-Gehalts der Anlagen, die die Phantome erst am Schluß des Vergleichs erhielten, korrigiert werden, um sie mit den anfänglich gemessenen vergleichen zu können.

Die Meßergebnisse des Kaliumgehalts der zehn Phantome sind unkorrigiert in *Tabelle 7* und korrigiert in *Tabelle 8* für die einzelnen Anlagen dargestellt. Die *Tabellen 9 und 10* enthalten die entsprechenden Zahlen für den Cäsium-137-Gehalt. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus im allgemeinen mindestens zwei Messungen der einzelnen Phantome. Anstelle der Schlüsselbuchstaben sind hier Schlüsselzahlen verwendet, um die neu hinzugekommenen Anlagen nicht in einer getrennten Gruppe zu haben. Zwei Meßanlagen haben ihre Ergebnisse für zwei verschiedene Kalibrierungen angegeben. Die beiden Berliner Anlagen haben die Phantommessungen sowohl am Anfang als auch am Ende des Vergleiches durchgeführt. Diese 4 Meßstellen haben daher je 2 Schlüsselzahlen. Die angegebenen Genauigkeiten wurden von den Meßanlagen mitgeteilt. Sie entsprechen im allgemeinen dem statistischen Zählfehler der Messung. Die korrigierten Meßergebnisse der einzelnen Phantome sind in der gleichen Art wie die des Personenvergleichs in den *Abbildungen 11-15* für Kalium und *16-20* für Cäsium-137 graphisch dargestellt. Neben dem Mittelwert (M) als durchgezogene Linie und dem Streubereich $\pm 1\sigma$ als gestrichelte Linie enthalten die Darstellungen auch noch den für diesen Vergleich bekannten wahren Wert (W) als strich-

punktierte Linie. Auch aus diesen Zusammenstellungen ist zu ersehen, daß einige Meßstellen systematische Abweichungen haben, die auf einen Fehler in der Kalibrierung zurückzuführen sein dürften. Trotzdem wurden die Meßwerte auch dieser Anlagen bei der Mittelwertbildung berücksichtigt. Die berechneten Korrekturfaktoren der einzelnen Meßanlagen, ausgehend von den korrigierten Werten der einzelnen Phantome, jeweils bezogen auf den wahren Wert, sind für Kalium in *Tabelle 11*, für Cäsium-137 in *Tabelle 12* angegeben. Schließlich enthalten die *Tabellen 13 und 14* die entsprechenden Gewichts- und Größenkorrekturfaktoren der einzelnen Meßanlagen für die zehn Phantome, bezogen auf das 70 kg Phantom.

6 — DISKUSSION DER ERGEBNISSE DES KALIBRIERUNGSVERGLEICHS MIT PHANTOMEN

Bis auf wenige Ausnahmen wird der Kaliumgehalt für die mittleren Phantomgewichte von den Meßstellen mit einer Genauigkeit von $\pm 10\%$ angegeben, ein Ergebnis, was als sehr gut zu bezeichnen ist. Bei höheren Phantomgewichten, vor allem aber bei niedrigen Gewichten, ist die Übereinstimmung nicht so gut. Aufgrund der Tatsache, daß ein Teil der Anlagen bisher keine Gewichts- und Größenkorrektur durchführte, war dies ein zu erwartendes Ergebnis. Unter Verwendung der Korrekturfaktoren der *Tabelle 13* sind diese Werte leicht zu korrigieren. Dies gilt vor allem für die Meßanlagen 4, 6, 7, 10, 12, 14, 16 und 19. Insgesamt zu hoch liegen die Ergebnisse der Anlagen 2, 8, 17 und 21, zu niedrig die Ergebnisse der Anlagen 20 und 22. Wenn auch die Abweichungen der Anlagen 17 und 21 nur gering sind, so sollte hier doch ein Korrekturfaktor eingeführt werden, denn die Werte weichen immer in einer Richtung ab und sind sehr gut reproduzierbar. Für die Anlagen 2 und 20 ist darüber hinaus noch eine Gewichts- und Größenkorrektur erforderlich. Im Vergleich zu den anderen Meßstellen hat die Anlage 9 die größten Schwankungen der Kalium-Gehaltsangaben. Da die Korrekturen nicht entweder zu groß oder zu klein sind, erscheint eine Überprüfung der Kalibrierung zweckmäßig.

Auch für die Cäsium-137-Gehaltsangaben ist bei mittleren Phantomgewichten eine recht gute Übereinstimmung der Meßergebnisse festzustellen. Siebzehn Meßanlagen haben eine Genauigkeit von $\pm 10\%$ und besser in diesem Bereich. Auch dieses Ergebnis muß als sehr gut bezeichnet werden. Bei den niedrigen Phantomgewichten ist die Genauigkeitsangabe wegen des bisherigen Fehlens einer Gewichts- und Größenkorrektur natürlich schlechter. Bei Verwendung der in *Tabelle 14* angegebenen Korrekturfaktoren dürften die Anlagen 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12 und 23, vor allem im Bereich niedriger Phantomgewichte, auch auf eine Genauigkeit von $\pm 10\%$ zu bringen sein. Besonders auffällig ist die unbedingt erforderliche Korrektur der Angaben der Meßstelle 14, deren Ergebnisse um 40% zu niedrig liegen. Verbessern könnte man durch eine kleine Korrektur die zu niedrigen Werte der Anlagen 24 und 25 und die zu hohen Werte der Anlagen 2, 5, 8, 9, 17 und 18.

7 — SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEM KALIBRIERUNGSVERGLEICH MIT PHANTOMEN

Der Kalibrierungsvergleich mit Phantomen hat die Ergebnisse des Kalibrierungsvergleichs mit Personen weitgehend bestätigt. Die Vergleichsmessung mit Kunststoffflaschen, die zu verschiedenen Körperformen zusammengestellt werden mußten, hat die Möglichkeit gegeben, in den Ländern der Europäischen Gemeinschaften auch eine einheitliche Gewichts- und Größenkorrektur einzuführen. Die Übereinstimmung der Meßergebnisse im mittleren Gewichtsbereich

muß schon jetzt ohne eine Korrektur als sehr gut bezeichnet werden. Unter Verwendung der angegebenen Korrekturfaktoren dürften die Meßergebnisse der verschiedenen Anlagen soweit vergleichbar sein, daß sie in Sammelstatistiken verwendet werden können. Selbst unter Verwendung der Meßergebnisse von Anlagen zur Mittelwertbildung, die offensichtlich systematische Kalibrierungsfehler haben, sind Mittelwert und wahrer Wert für die einzelnen Phantome sowohl für die Bestimmung des Kalium- als auch des Cäsium-137-Gehalts nicht sehr unterschiedlich. Es hat sich gezeigt, daß die Verwendung einfacher Flaschenphantome, mit denen die Körperform von Personen nur ungenau nachgebildet werden kann, genügt, um eine für die Praxis ausreichende Genauigkeit einer Aktivitätsangabe für im Körper gleichmäßig verteiltes Kalium und Cäsium-137 zu erzielen.

Auch der Kalibrierungsvergleich mit Phantomen hat keinerlei Anhalt dafür ergeben, daß für diese Meßaufgabe die Ganzkörperstrahlungsmeßanlage eines bestimmten Typs besondere Vor- oder Nachteile bietet. Bei sorgfältiger Kalibrierung läßt sich auch mit wenig aufwendigen Meßanlagen der Kalium- und Cäsium-137-Gehalt von Personen mit ausreichender Genauigkeit bestimmen.

TABELLE 1

Versuchspersonen beim Kalibrierungsvergleich
(Genauigkeitsangabe jeweils $\pm 1\sigma$)

Person	a	b	c	d	e
Geschlecht	männl.	männl.	weibl.	weibl.	weibl.
Alter (Jahre)	41	23	29	29	21
Körpergröße (cm)	176	174	168	165	157
Körpergewicht (kg)	90,8 \pm 0,6	62,4 \pm 1,0	60,4 \pm 0,6	64,2 \pm 0,3	44,3 \pm 0,8

TABELLE 2

Kennzeichen der am Vergleich beteiligten Ganzkörpermeßanlagen

Ort (Institution)	Zahl der Kristalle	Lagerung der Person	Anordnung der Kristalle	ventral/dorsal	Beweglichkeit	Eingang	Abschirm- material
Arnheim (TNO)	4	Bett	längs	4 v	fest	Labyrinth	Fe(Pb)
Berlin (BGA)	4	Bett	längs	2 v/2 d	fest	Labyrinth	Si/Pb
Berlin (Universität)	4	Bett	längs	2 v/2 d	fest	Schiebe	Pb
Düsseldorf (Strahlenmeßstelle)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Labyrinth	Fe(Pb)
Fontenay-aux-Roses (CEA)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Schwenk	Fe(Pb)
Frankfurt/Main (MPI)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Schwenk	Fe
17 Hamburg (Universität)	4	Bett	längs	2 v/2 d	fest	Schiebe	Ba/Fe
Heidelberg (Universität)	2	Bett	längs	1 v/1 d	beweglich	Schwenk	Fe
Homburg/Saar (Universität)	2	Bett	längs	2 v	beweglich	Schwenk	Fe(Pb)
Ispira (EURATOM)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Labyrinth	Pb
Jülich (KFA)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Labyrinth	Fe
Karlsruhe (KFA)	4	Bett	längs	2 v/2 d	fest	Labyrinth	Fe(Pb)
Landstuhl	liqu.	stehend	2 π	d	starr	Labyrinth	Fe
Mol (CEN)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Schwenk	Fe(Cu)
Nürnberg (Krankenhaus)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Ofen	Pb/Cu
Petten (RCN)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Labyrinth	Pb
Vésinet (SCPRI) I	2	Bett	längs	2 v	starr	Ofen	Fe
Vésinet II mobil	1	Bett	zentral	v	starr	Ofen	Fe

TABELLE 2 a

Kennzeichen der nur am Vergleich mit Phantomen beteiligten Ganzkörpermeßanlagen

Ort (Institution)	Zahl der Kristalle	Lagerung der Person	Anordnung der Kristalle	ventral/dorsal	Beweglichkeit	Eingang	Abschirm- material
15 Bologna (CNEN)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Schiebe	Fe(Pb)
Köln (Universität)	4	Bett	längs	2 v/2 d	fest	Labyrinth	Fe(Pb)
Lüttich (Universität)	liqu.	Bett	4 π	4 π	starr	Schiebe	Fe
München (GSF) fest	4	Bett	längs	2 v/2 d	fest	Labyrinth	Fe(Pb)
München (GSF) mobil	1	Stuhl	zentral	v	fest	offen	Fe(Pb)
Rom (CNEN-CSN)	1	Stuhl	zentral	v	fest	Schiebe	Fe(Pb)

TABELLE 3

Kalium-Meßergebnisse der am Kalibrierungsvergleich beteiligten Meßanlagen

(in g Kalium im Gesamtkörper)

(Mittelwertsangaben jeweils $\pm 1\cdot\sigma$)

Meßanlage	Person				
	a	b	c	d	e
A	138 \pm 5	130 \pm 5	107 \pm 3	116 \pm 3	77 \pm 2
B	125	126	119	111	70
C	134 \pm 3	130 \pm 3	120 \pm 3	118 \pm 3	80 \pm 3
D	140	128	104	116	75
E	112	117	100	109	78
F	111 \pm 7	101 \pm 7	89 \pm 7	92 \pm 7	67 \pm 7
G	131 \pm 7	130 \pm 7	112 \pm 6	118 \pm 6	76 \pm 5
H ⁽²⁾	134 \pm 27	119 \pm 24	105 \pm 21	108 \pm 22	73 \pm 15
I	118	109	90	97	67
K	97 \pm 10	111 \pm 10	101 \pm 10	111 \pm 10	—
L	133 \pm 7	134 \pm 7	120 \pm 7	118 \pm 7	85 \pm 7
M	120 \pm 6	121 \pm 6	100 \pm 5	99 \pm 5	79 \pm 4
N	145 \pm 2	121 \pm 1	111 \pm 1	112 \pm 1	— ⁽¹⁾
O	140 \pm 28	150 \pm 30	129 \pm 26	135 \pm 27	99 \pm 20
P	172	172	164	157	113
Q	91	94	86	57	41
S ⁽³⁾	120	155	108	105	92
Mittelwert aller Stationen	127 \pm 19	127 \pm 18	110 \pm 18	110 \pm 20	78 \pm 16

⁽¹⁾ Der von der Meßstelle N für die Person e gefundene Wert wurde als fraglich mitgeteilt und daher nicht aufgenommen.

⁽²⁾ Nach neuer Kalibrierung korrigierte Werte.

⁽³⁾ Nach Bekanntgabe der Zusammenstellung mitgeteilte Werte.

TABELLE 4

¹³⁷Cs-Meßergebnisse der am Kalibrierungsvergleich beteiligten Meßanlagen
(in nCi ¹³⁷Cs im Gesamtkörper)

Meßanlage	Person				
	a ⁽²⁾	b ⁽²⁾	c ⁽²⁾	d ⁽²⁾	e ⁽²⁾
A	8,0 ± 0,4	11,4 ± 0,8	4,2 ± 0,3	5,4 ± 0,3	3,1 ± 0,4
B	8,3	11,6	3,9	5,3	3,5
C	7,3 ± 0,3	11,0 ± 0,3	4,0 ± 0,3	5,1 ± 0,3	3,4 ± 0,3
D	8,8	12,6	4,5	5,4	3,2
E	5,9	9,4	3,9	5,0	2,7
F ⁽¹⁾	6,2 ± 0,8	9,9 ± 0,7	3,6 ± 0,8	5,2 ± 0,7	2,6 ± 0,8
G	9,5 ± 0,6	9,8 ± 0,6	5,3 ± 0,5	5,7 ± 0,5	3,6 ± 0,6
H ⁽¹⁾	8,2 ± 1,9	11,2 ± 2,4	4,1 ± 1,0	5,2 ± 1,3	3,8 ± 0,9
I	7,3	10,4	3,8	5,0	3,4
K ⁽¹⁾	5,5 ± 1,1	11,8 ± 1,1	5,0 ± 1,1	6,0 ± 1,1	—
L	7,6 ± 0,7	12,6 ± 0,7	3,3 ± 0,7	4,9 ± 0,7	2,0 ± 0,7
M	7,3 ± 0,7	10,8 ± 1,0	4,1 ± 0,4	5,0 ± 0,5	3,6 ± 0,5
N	8,5 ± 0,2	10,2 ± 0,1	4,3 ± 0,1	5,0 ± 0,2	— ⁽³⁾
O	10,9 ± 2,2	13,1 ± 2,6	6,2 ± 1,2	10,5 ± 2,1	4,3 ± 0,9
P	9,7	14,6	7,2	7,3	5,9
Q	6,5	16,7	10,3	9,1	7,8
S	< 6,5	< 9,0	< 5,7	< 5,6	< 6,1
Mittelwert aller Stationen	7,8 ± 1,4	11,7 ± 1,9	4,9 ± 1,7	5,9 ± 1,6	3,8 ± 1,4

⁽¹⁾ Nach neuer Kalibrierung korrigierte Werte.

⁽²⁾ Die Werte der Ganzkörpermeßanlagen in Arnhem, Petten, Paris (SCPRI) und Paris (CEA) sind für die Personen a, b und c mit $F = 1,04$, für die Person d mit $F = 1,02$ und für die Person e mit $F = 1,25$ korrigiert, um vergleichbare Ergebnisse zu haben (2. Etappe des Personen-Kalibrierungsvergleichs).

⁽³⁾ Der von der Meßstelle N für die Person e gefundene Wert wurde als fraglich mitgeteilt und daher nicht aufgenommen.

TABELLE 5

Auswertung : Kaliumgehaltsbestimmung

Person	Mittelwert $\pm 1\cdot\sigma$ (g Kalium)	Korrekturfaktoren zum Mittelwert $\frac{\text{Mittelwert}}{\text{Stationswert}}$ für die Meßanlage																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	S
a	127,1 \pm 19,0	0,92	1,02	0,95	0,91	1,13	1,15	0,97	0,95	1,08	1,31	0,96	1,06	0,88	0,91	0,74	1,40	1,06
b	126,6 \pm 17,9	0,97	1,00	0,97	0,99	1,08	1,25	0,97	1,06	1,16	1,14	0,94	1,05	1,05	0,84	0,74	1,35	0,82
c	109,7 \pm 18,3	1,03	0,92	0,91	1,05	1,10	1,23	0,98	1,04	1,22	1,09	0,91	1,10	0,99	0,85	0,67	1,28	1,02
d	110,4 \pm 20,2	0,95	0,99	0,94	0,95	1,01	1,20	0,94	1,02	1,14	0,99	0,94	1,12	0,99	0,82	0,70	1,94	1,05
e	78,1 \pm 15,6	1,01	1,12	0,98	1,04	1,00	1,17	1,03	1,07	1,17	—	0,92	0,99	—	0,79	0,69	1,90	0,85
Mittlerer Korrekturfaktor		0,98	1,01	0,95	0,99	1,06	1,20	0,98	1,03	1,15	1,13	0,93	1,06	0,98	0,84	0,71	1,57	0,97
Größte Differenz		0,11	0,20	0,07	0,14	0,13	0,10	0,09	0,12	0,14	0,32	0,05	0,13	0,17	0,12	0,07	0,66	0,24

TABELLE 6

Auswertung : ^{137}Cs -Gehaltsbestimmung

Person	Mittelwert $\pm 1\cdot\sigma$ (nCi ^{137}Cs)	Korrekturfaktoren zum Mittelwert $\frac{\text{Mittelwert}}{\text{Stationswert}}$ für die Meßanlage																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	S
a	7,84 \pm 1,41	0,98	0,94	1,07	0,89	1,33	1,26	0,83	0,97	1,07	1,43	1,03	1,07	0,92	0,72	0,81	1,21	1,21
b	11,69 \pm 1,85	1,03	1,01	1,06	0,93	1,24	1,18	1,19	1,04	1,12	0,99	0,93	1,08	1,15	0,89	0,80	0,70	1,30
c	4,86 \pm 1,71	1,16	1,25	1,22	1,08	1,25	1,35	0,92	1,19	1,28	0,97	1,47	1,19	1,13	0,78	0,68	0,47	0,85
d	5,94 \pm 1,58	1,10	1,12	1,16	1,10	1,19	1,14	1,04	1,14	1,19	0,99	1,21	1,19	1,19	0,57	0,81	0,65	1,06
e	3,78 \pm 1,41	1,22	1,08	1,11	1,18	1,40	1,45	1,05	0,99	1,11	—	1,89	1,05	—	0,88	0,64	0,48	1,99
Mittlerer Korrekturfaktor		1,10	1,08	1,12	1,04	1,28	1,28	1,01	1,07	1,15	1,09	1,31	1,12	1,10	0,77	0,75	0,70	1,40
Größte Differenz		0,24	0,31	0,16	0,29	0,21	0,31	0,36	0,20	0,21	0,46	0,96	0,14	0,17	0,32	0,17	0,74	1,05

TABELLE 7

Kalium-Kalibrierungsvergleich mit Phantomen (g Kalium)
(unkorrigierte Werte)

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	26,5± 1,6	54,4±2,6	80,3±3,3	115,8± 0,4	135,4± 2,3	165,0± 2,4	187,0± 2,9	218,0± 2,1	238,0± 0,7	272,7± 3,5
2	35,0	61,4	81,3	126,3	151,1	180,1	207,0	220,9	254,3	—
3	29,5± 1,6	56,3±4,7	84,9±4,6	110,5± 2,5	137,5± 4,5	164,0± 6,0	198,0± 3,0	229,5± 3,5	246,0± 2,0	289,5± 5,5
4	38,1± 1,7	69,5±2,4	89,9±2,9	116,0± 3,5	148,8± 4,2	183,2± 3,6	196,1± 1,4	225,0± 2,2	234,9± 3,1	—
5	37,5	71,5±2,5	99,5±8,5	129,5± 0,5	156,5± 3,5	175,5± 1,5	190,0± 4,0	203,0± 3,0	233,0± 4,0	252,5± 1,5
6	35,6± 0,6	58,3±3,6	83,5±1,4	107,5± 7,0	130,5± 4,8	155,3± 3,9	171,0± 0	190,9± 2,6	209,5± 6,2	—
7	33,0	58,9	83,1	102,8	135,7	165,6	185,0	205,7	235,3	—
8	39,0± 4,9	57,0±2,9	93,0±3,2	113,0±11,5	153,0± 5,7	182,0± 4,1	205,0± 6,6	228,0±11,2	250,0± 2,4	256,0± 2,8
9	31,5±10,5	73,0±1,0	72,0±9,0	112,0	138,3±16,5	138,3±18,9	206,5± 3,5	158,0±22,0	211,5±22,5	225,0±25,0
10	46,4± 6,3	68,5±3,5	84,8±0,3	111,1± 1,9	128,4± 2,0	153,9± 3,4	167,3± 3,0	190,4± 4,9	202,9± 3,6	211,3± 7,3
11	29,9± 3,2	61,4±3,7	83,3±4,3	111,1± 4,3	137,8± 5,4	165,6± 2,2	192,3± 1,1	214,2± 3,8	236,6± 1,6	249,4± 3,8
12	119,0	139,8	158,7	187,1	207,9	219,2	251,4	253,2	266,4	279,7
13	27,2± 2,7	56,5±7,3	80,3±8,3	107,6± 4,6	138,7± 1,3	170,7± 5,6	186,2± 7,7	210,0± 9,7	238,7±10,4	257,7± 8,0
14	31,2± 6,3	65,9±1,7	82,9±7,3	95,2±16,8	122,7±12,7	169,8±15,4	195,3±18,4	204,0±23,4	233,3±17,6	268,0±18,7
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	23,3± 2,2	62,2±1,0	85,4±9,9	119,3± 2,3	143,1	177,5±10,5	203,5± 9,5	230,5± 8,5	260,5± 7,5	—
17	28,2± 5,3	55,3±0,4	84,5±6,3	113,0± 1,0	143,0± 3,0	170,5± 0,5	200,0± 3,0	225,0±10,0	251,0± 0	265,0± 1,0
18	27,2± 1,3	54,8±4,3	82,6±8,8	109,5± 3,5	135,5± 0,5	167,0± 8,4	192,0± 6,7	211,0± 1,0	241,0± 0	260,5± 0,5
19	33,6± 0,4	56,4±0,4	84,4±1,9	109,0± 2,0	134,4± 0,9	155,9± 0,1	170,9± 0,7	187,2± 1,5	205,0± 0,4	222,1± 2,2
20	26,3 (10 h)	49,8±0,1	77,7±0,3	100,7± 1,0	123,4± 0,2	137,2± 2,7	162,4± 2,1	183,5± 2,6	208,4± 0,6	223,6± 3,4
21	31,5	61,6	73,6	116,0	145,0	176,9	203,0	232,0	261,0	274,0
22	22,9± 1,7	45,3±1,9	69,6±1,9	95,8± 3,8	118,2± 2,8	143,0± 0,2	159,8± 2,5	189,3± 1,1	205,0± 2,2	—
23	25,3± 4,2	62,0±5,2	78,8±3,7	100,8± 4,7	143,8± 4,6	173,2± 4,1	215,2± 3,0	—	—	—
24	25,2± 0,5	53,9±0,4	78,9±1,3	106,8± 1,1	133,1± 0,3	163,1± 1,4	186,6± 1,7	217,8± 1,5	243,3± 2,3	274,6± 0,5
25	29,8± 0,7	49,2±0,4	83,0±1,5	105,3± 0,3	133,3± 1,3	161,0± 6,0	203,4± 6,6	243,0± 5,0	263,5± 5,5	285,0± 1,0
26	—	—	—	117,0	—	—	—	—	240,0	—
27	24,8± 1,2	53,0±0,9	79,2±0,6	114,8± 4,5	135,5± 0,2	162,7± 0,7	181,8± 4,1	206,1± 2,3	232,1± 0,8	256,5± 2,2
28	35,0	59,8	82,5	125,4	149,2	173,3	199,0	223,0	256,4	—
Mittelwert ± σ ⁽¹⁾ Wahrer Wert	30,3± 5,4 27 g K	58,4±6,6 54 g K	81,5±4,3 81 g K	110,1± 7,9 108 g K	136,2± 8,3 135 g K	163,5±12,0 164,7 g K	189,4±14,9 189 g K	208,7±19,4 216 g K	234,0±18,5 243 g K	254,4±23,9 270 g K

(1) Im Mittelwert sind die Meßanlagen nicht enthalten, die korrigiert haben.

TABELLE 8

Kalium-Kalibrierungsvergleich mit Phantomen (g Kalium)
(korrigierte Werte)

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	26,5 ± 1,6	54,4 ± 2,6	80,3 ± 3,3	115,8 ± 0,4	135,4 ± 2,3	165,0 ± 2,4	187,0 ± 2,9	218,0 ± 2,1	238,0 ± 0,7	272,7 ± 3,5
2	35,0	61,4	81,3	126,3	151,1	180,1	207,0	220,9	254,3	—
3	29,5 ± 1,6	56,3 ± 4,7	84,9 ± 4,6	110,5 ± 2,5	137,5 ± 4,5	164,0 ± 6,0	198,0 ± 3,0	229,5 ± 3,5	246,0 ± 2,0	289,5 ± 5,5
4	38,1 ± 1,7	69,5 ± 2,4	89,9 ± 2,9	116,0 ± 3,5	148,8 ± 4,2	183,2 ± 3,6	196,1 ± 1,4	225,0 ± 2,2	234,9 ± 3,1	—
5	27	54,0 ± 2,0	80,5 ± 6,5	108,5 ± 0,5	136,0 ± 3,0	166,5 ± 1,5	190,0 ± 4,0	215,0 ± 3,0	244,5 ± 4,5	270,5 ± 1,5
6	35,6 ± 0,6	58,3 ± 3,6	83,5 ± 1,4	107,5 ± 7,0	130,5 ± 4,8	155,3 ± 3,9	171,0 ± 0	190,9 ± 2,6	209,5 ± 6,2	—
7	33,0	58,9	83,1	102,8	135,7	165,6	185,0	205,7	235,3	—
8	39,0 ± 4,9	57,0 ± 2,9	93,0 ± 3,2	113,0 ± 11,5	153,0 ± 5,7	182,0 ± 4,1	205,0 ± 6,6	228,0 ± 11,2	250,0 ± 2,4	256,0 ± 2,8
9	31,5 ± 10,5	73,0 ± 1,0	72,0 ± 9,0	112,0	138,3 ± 16,5	138,3 ± 18,9	206,5 ± 3,5	158,0 ± 22,0	211,5 ± 22,5	225,0 ± 25,0
10	46,4 ± 6,3	68,5 ± 3,5	84,8 ± 0,3	111,1 ± 1,9	128,4 ± 2,0	153,9 ± 3,4	167,3 ± 3,0	190,4 ± 4,9	202,9 ± 3,6	211,3 ± 7,3
11	29,9 ± 3,2	61,4 ± 3,7	83,3 ± 4,3	111,1 ± 4,3	137,8 ± 5,4	165,6 ± 2,2	192,3 ± 1,1	214,2 ± 3,8	236,6 ± 1,6	249,4 ± 3,8
12	48,4	67,3	85,7	120,0	141,3	167,7	204,6	213,8	242,0	263,8
13	27,2 ± 2,7	56,5 ± 7,3	80,3 ± 8,3	107,6 ± 4,6	138,7 ± 1,3	170,7 ± 5,6	186,2 ± 7,7	210,0 ± 9,7	238,7 ± 10,4	257,7 ± 8,0
14	31,2 ± 6,3	65,9 ± 1,7	82,9 ± 7,3	95,2 ± 16,8	122,7 ± 12,7	169,8 ± 15,4	195,3 ± 18,4	204,0 ± 23,4	233,3 ± 17,6	268,0 ± 18,7
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	23,3 ± 2,2	62,2 ± 1,0	85,4 ± 9,9	119,3 ± 2,3	143,1	177,5 ± 10,5	203,5 ± 9,5	230,5 ± 8,5	260,5 ± 7,5	—
17	28,2 ± 5,3	55,3 ± 0,4	84,5 ± 6,3	113,0 ± 1,0	143,0 ± 3,0	170,5 ± 0,5	200,0 ± 3,0	225,0 ± 10,0	251,0 ± 0	265,0 ± 1,0
18	27,2 ± 1,3	54,8 ± 4,3	82,6 ± 8,8	109,5 ± 3,5	135,5 ± 0,5	167,0 ± 8,4	192,0 ± 6,7	211,0 ± 1,0	241,0 ± 0	260,5 ± 0,5
19	33,6 ± 0,4	56,4 ± 0,4	84,4 ± 1,9	109,0 ± 2,0	134,4 ± 0,9	155,9 ± 0,1	170,9 ± 0,7	187,2 ± 1,5	205,0 ± 0,4	222,1 ± 2,2
20	26,3 (10 h)	49,8 ± 0,1	77,7 ± 0,3	100,7 ± 1,0	123,4 ± 0,2	137,2 ± 2,7	162,4 ± 2,1	183,5 ± 2,6	208,4 ± 0,6	223,6 ± 3,4
21	29,0	58,0	87,0	116,0	145,0	176,9	203,0	232,0	261,0	274,0
22	22,9 ± 1,7	45,3 ± 1,9	69,6 ± 1,9	95,8 ± 3,8	118,2 ± 2,8	143,0 ± 0,2	159,8 ± 2,5	189,3 ± 1,1	205,0 ± 2,2	—
23	25,3 ± 4,2	62,0 ± 5,2	78,8 ± 3,7	100,8 ± 4,7	143,8 ± 4,6	173,2 ± 4,1	215,2 ± 3,0	—	—	—
24	25,2 ± 0,5	53,9 ± 0,4	78,9 ± 1,3	106,8 ± 1,1	133,1 ± 0,3	163,1 ± 1,4	186,6 ± 1,7	217,8 ± 1,5	243,3 ± 2,3	274,6 ± 0,5
25	29,8 ± 0,7	49,2 ± 0,4	83,0 ± 1,5	105,3 ± 0,3	133,3 ± 1,3	161,0 ± 6,0	203,4 ± 6,6	243,0 ± 5,0	263,5 ± 5,5	285,0 ± 1,0
26	—	—	—	117,0	—	—	—	—	240,0	—
27	24,8 ± 1,2	53,0 ± 0,9	79,2 ± 0,6	114,8 ± 4,5	135,5 ± 0,2	162,7 ± 0,7	181,8 ± 4,1	206,1 ± 2,3	232,1 ± 0,8	256,5 ± 2,2
28	35,0	59,8	82,5	125,4	149,2	173,3	199,0	223,0	256,4	—
Mittelwert ± σ Wahrer Wert	31,1 ± 6,4 27 g K	58,5 ± 6,4 54 g K	82,3 ± 4,7 81 g K	110,8 ± 7,6 108 g K	137,4 ± 8,4 135 g K	165,0 ± 11,9 165 g K	191,1 ± 14,5 189 g K	210,9 ± 18,7 216 g K	236,3 ± 18,2 243 g K	257,0 ± 21,9 270 g K

TABELLE 9

¹³⁷Cs-Kalibrierungsvergleich mit Phantomen (nCi ¹³⁷Cs)
(unkorrigierte Werte)

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	17,3±0,3	34,9±0,6	54,2±0,5	78,0± 0,1	89,5± 0,4	111,3± 1,5	129,0± 0,1	148,2± 0,4	163,6± 0,9	177,6± 1,5
2	22,3	34,2	50,5	73,5	90,7	114,6	132,8	158,9	190,4	—
3	21,0±0	37,0±1,0	54,0±5,0	75,5± 0,5	92,0± 1,0	108,5± 0,5	121,0± 1,0	147,5± 7,5	154,0± 2,0	169,5± 0,5
4	24,4±0,4	43,1±0,7	59,4±1,2	76,0± 0,3	93,0± 3,8	113,3± 2,0	121,8± 0,2	137,7± 0,7	142,9± 0,7	—
5	26,0	49,5±0,5	72,0±1,0	90,0± 1,0	108,0± 1,0	121,0± 2,0	135,5± 0,5	146,5± 1,5	160,0± 1,0	170,5± 0,5
6	20,3±0,1	37,5±1,2	54,0±1,3	70,3± 0,2	87,9± 0,4	100,9± 0,3	114,6± 1,1	127,7± 0,3	140,5± 0,7	—
7	24,4	41,0	56,0	72,6	90,3	103,9	125,0	140,4	153,4	—
8	9,1±0,3	17,3±0,9	26,0±0,4	32,6± 1,4	41,3± 0,4	49,7± 1,0	56,9± 1,3	64,3± 2,2	69,2± 0,9	75,9± 0,2
9	23,5±0,5	48,0±2,0	66,0±0	86,0±10,0	108,3±13,1	123,5± 5,1	132,5± 7,5	144,0± 0	162,0± 9,0	185,0± 5,0
10	35,8±0,1	49,3±0,2	65,7±0,7	83,2± 0,9	98,8± 1,9	116,2± 2,5	125,3± 1,7	141,1± 2,1	147,8± 0,6	159,4± 2,5
11	22,0±0,2	42,7±0,3	58,9±0,3	73,9± 0,1	92,0± 1,0	109,8± 2,5	128,0± 0,8	138,2± 1,5	148,7± 3,6	153,6± 1,2
12	298	503	690	874	1 031	1 188	1 292	1 393	1 524	1 642
13	16,6±1,0	35,5±2,5	52,1±3,0	75,6± 2,8	94,8± 5,1	108,3± 3,9	127,9± 4,9	139,8	158,2± 3,5	172,6± 4,2
14	11,8±1,0	24,8±2,5	38,6±1,3	54,7± 1,6	66,3± 2,5	77,6± 1,3	90,4± 2,6	102,5± 1,1	111,7± 2,4	120,6± 3,4
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	17,1±0,1	35,5±0,9	56,8±0,9	73,6± 1,0	89,5± 2,7	115,4± 1,9	131,6± 0,6	150,4± 0,2	177,1± 2,6	—
17	21,3±2,8	39,0±0,5	60,3±0,2	79,0± 1,6	102,0± 2,1	121,2± 0,5	139,9± 1,5	157,6± 0	173,2± 1,5	190,4± 4,5
18	23,2±0,4	39,1±0,9	58,8±1,8	77,7± 0,9	101,0± 1,5	119,2± 3,2	134,6± 1,9	155,0± 1,5	167,7± 1,0	186,9± 1,0
19	21,9±0,2	35,3±0,02	52,4±0,5	67,5± 1,4	84,6± 0,02	98,0± 0,5	108,6± 0,1	117,4± 0,1	128,2± 0,1	138,9± 0
20	19,4	34,7±0,02	52,1±0,2	68,8± 0,8	83,9± 0,02	94,2± 0,2	108,7± 0,04	124,5± 0,3	134,7± 0,3	147,6± 0,7
21	20,4	37,7	49,8	69,9	87,4	106,6	122,3	139,8	157,3	183,5
22	17,6±1,4	32,8±0,9	50,9±0,6	71,8± 0	92,1± 2,7	108,7± 3,3	118,1± 2,6	142,4± 1,7	152,7± 3,0	—
23	19,7±0,7	37,6±0,2	49,1±1,0	68,0± 0,8	87,3± 1,3	113,1± 1,8	134,1± 0,8	—	—	—
24	16,0±0,3	32,9±0,8	48,5±0,4	65,6± 0,3	81,6± 0,1	102,3± 1,2	116,6± 0,4	134,2± 0,7	148,4± 0,5	166,4± 0,5
25	15,9±0,5	31,8±1,3	47,7±0,1	60,9± 0,5	78,1± 0,6	95,9± 1,0	111,4± 0,8	129,0± 0,5	144,1± 1,8	157,6± 0,5
26	—	—	—	71,0	—	—	—	—	153,3	—
27	17,2±0,2	34,2±0,2	51,1±0,2	74,6± 0,4	88,0± 1,2	108,2± 2,1	124,3± 1,7	142,0± 2,3	158,4± 0,4	173,8± 3,3
28	22,3	34,6	51,9	75,2	95,6	119,0	140,0	163,5	196,4	—
Mittelwert±σ ⁽¹⁾	20,5±4,6	37,1±5,3	54,0±6,0	72,7± 6,6	90,3± 8,6	108,3±10,3	123,5±11,5	140,1±14,1	154,9±18,7	164,3±18,9
Wahrer Wert	17,5	35,0	52,5	70,0	87,5	106,8	122,5	140,0	157,5	175,0

(1) Im Mittelwert sind die Meßanlagen nicht enthalten, die korrigiert haben.

TABELLE 10

¹³⁷Cs-Kalibrierungsvergleich mit Phantomen (nCi ¹³⁷Cs)
(korrigierte Werte)

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	17,3±0,3	34,9±0,6	54,2±0,5	78,0± 0,1	89,5± 0,4	111,3± 1,5	129,0± 0,1	148,2± 0,4	163,6± 0,9	177,6± 1,5
2	22,3	34,2	50,5	73,5	90,7	114,6	132,8	158,9	190,4	—
3	21,0±0	37,0±1,0	54,0±5,0	75,5± 0,5	92,0± 1,0	108,5± 0,5	121,0± 1,0	147,5± 7,5	154,0± 2,0	169,5± 0,5
4	24,4±0,4	43,1±0,7	59,4±1,2	76,0± 0,3	93,0± 3,8	113,3± 2,0	121,8± 0,2	137,7	142,9± 0,7	—
5	19	38,5±0,5	57,5±0,5	76,5± 0,5	96,0± 1,0	117,0± 2,0	135,5± 0,5	153,5± 1,5	174,0± 1,0	192,5± 0,5
6	20,3±0,1	37,5±1,2	54,0±1,3	70,3± 0,2	87,9± 0,4	100,9± 0,3	114,6± 1,1	127,7± 0,3	140,5± 0,7	—
7	24,4	41,0	56,0	72,6	90,3	103,9	125,0	140,4	153,4	—
8	23,6	42,4	63,0	80,5	100,9	118,5	132,8	154,6	167,7	183,3
9	23,5±0,5	48,0±2,0	66,0±0	86,0±10	108,3±13,1	123,5± 5,1	132,5± 7,5	144,0± 0	162,0± 9,0	185,0± 5,0
10	35,8±0,1	49,3±0,2	65,7±0,7	83,2± 0,9	98,8± 1,9	116,2± 2,5	125,3± 1,7	141,1± 2,1	147,8± 0,6	159,4± 2,5
11	22,0±0,2	42,7±0,3	58,9±0,3	73,9± 0,1	92,0± 1,0	109,8± 2,5	128,0± 0,8	138,2± 1,5	148,7± 3,6	153,6± 1,2
12	29,8	50,3	69,0	87,4	103,1	118,8	129,2	139,3	152,4	164,2
13	16,6±1,0	35,5±2,5	52,1±3,0	75,6± 2,8	94,8± 5,1	108,3± 3,9	127,9± 4,9	139,8	158,2± 3,5	172,6± 4,2
14	11,8±1,0	24,8±2,5	38,6±1,3	54,7± 1,6	66,2± 2,5	77,6± 1,3	90,4± 2,6	102,5± 1,1	111,7± 2,4	120,6± 3,4
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	17,1±0,1	35,5±0,9	56,8±0,9	73,6± 1,0	89,5± 2,7	115,4± 1,9	131,6± 0,6	150,4± 0,2	177,1± 2,6	—
17	21,3±2,8	39,0±0,5	60,3±0,2	79,0± 1,6	102,0± 2,1	121,2± 0,5	139,9± 1,5	157,6± 0	173,2± 1,5	190,4± 4,5
18	23,2±0,4	39,1±0,9	58,8±1,8	77,7± 0,9	101,0± 1,5	119,2± 3,2	134,6± 1,9	155,0± 1,5	167,7± 1,0	186,9± 1,0
19	21,9±0,2	35,3±0,02	52,4±0,5	67,5± 1,4	84,6± 0,02	98,0± 0,5	108,6± 0,1	117,4± 0,1	128,2± 0,1	138,9± 0
20	19,4	34,7±0,02	52,1±0,2	68,8± 0,8	83,9± 0,02	94,2± 0,2	108,7± 0,04	124,5± 0,3	134,7± 0,3	147,6± 0,7
21	17,4	34,8	52,3	69,9	87,4	106,0	122,3	139,8	157,3	183,5
22	17,6±1,4	32,8±0,9	50,9±0,6	71,8± 0	92,1± 2,7	108,7± 3,3	118,1± 2,6	142,4± 1,7	152,7± 3,0	—
23	19,7±0,7	37,6±0,2	49,1±1,0	68,0± 0,8	87,3± 1,3	113,1± 1,8	134,1± 0,8	—	—	—
24	16,0±0,3	32,9±0,8	48,5±0,4	65,6± 0,3	81,6± 0,1	102,3± 1,2	116,6± 0,4	134,2± 0,7	148,4± 0,5	166,4± 0,5
25	15,9±0,5	31,8±1,3	47,7±0,1	60,9± 0,5	78,1± 0,6	95,9± 1,0	111,4± 0,8	129,0± 0,5	144,1± 1,8	157,6± 0,5
26	—	—	—	71,0	—	—	—	—	153,3	—
27	17,2±0,2	34,2±0,2	51,1±0,2	74,6± 0,4	88,0± 1,2	108,2± 2,1	124,3± 1,7	142,0± 2,3	158,4± 0,4	173,8± 3,3
28	22,3	34,6	51,9	75,2	95,6	119,0	140,0	163,5	196,4	—
Mittelwert ± σ	20,8±4,7	37,8±5,6	55,0±6,4	73,6± 6,9	91,3± 8,6	109,4±10,0	124,5±11,1	141,2±13,5	156,1±17,8	168,0±18,7
Wahrer Wert	17,5	35,0	52,5	70,0	87,5	106,8	122,5	140,0	157,5	175,0

TABELLE 11

Korrekturfaktoren für den Kalium-Gehalt $\frac{\text{wahrer Wert}}{\text{Mittelwert der Meßanlage}}$ für das ... Phantom

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	1,02	0,99	1,01	0,93	1,00	1,00	1,01	0,99	1,02	0,99
2	0,77	0,88	1,00	0,86	0,89	0,91	0,91	0,98	0,96	—
3	0,92	0,96	0,95	0,98	0,98	1,00	0,95	0,94	0,99	0,93
4	0,71	0,78	0,90	0,93	0,91	0,90	0,96	0,96	1,03	—
5	1,00	1,00	1,01	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00
6	0,76	0,93	0,97	1,00	1,03	1,06	1,11	1,13	1,16	—
7	0,82	0,92	0,97	1,05	0,99	0,99	1,02	1,05	1,03	—
8	0,69	0,95	0,87	0,96	0,88	0,90	0,92	0,95	0,97	1,05
9	0,86	0,74	1,13	0,96	0,98	1,19	0,92	1,37	1,15	1,20
10	0,58	0,79	0,96	0,97	1,05	1,07	1,13	1,13	1,20	1,28
11	0,90	0,88	0,97	0,97	0,98	0,99	0,98	1,01	1,03	1,08
12	0,56	0,80	0,95	0,90	0,96	0,98	0,92	1,01	1,00	1,02
13	0,99	0,96	1,01	1,00	0,97	0,96	1,02	1,03	1,02	1,05
14	0,87	0,82	0,98	1,13	1,10	0,97	0,97	1,06	1,04	1,01
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1,16	0,87	0,95	0,91	0,94	0,93	0,93	0,94	0,93	—
17	0,96	0,98	0,96	0,96	0,94	0,97	0,95	0,96	0,97	1,02
18	0,99	0,99	0,98	0,99	1,00	0,99	0,98	1,02	1,01	1,04
19	0,80	0,96	0,96	0,99	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,22
20	1,03	1,09	1,04	1,07	1,09	1,20	1,16	1,18	1,17	1,21
21	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,99
22	1,18	1,19	1,16	1,13	1,14	1,15	1,18	1,14	1,19	—
23	1,07	0,87	1,03	0,97	0,94	0,95	0,88	—	—	—
24	1,07	1,00	1,03	1,01	1,01	1,01	1,01	0,99	1,00	0,98
25	0,91	1,10	0,98	1,03	1,01	1,02	0,93	0,89	0,92	0,95
26	—	—	—	0,92	—	—	—	—	1,01	—
27	1,09	1,02	1,02	0,94	1,00	1,01	1,04	1,05	1,05	1,05
28	0,77	0,90	0,98	0,86	0,90	0,95	0,95	0,97	0,95	—
Mittlerer Korrekturfaktor	0,90	0,93	0,99	0,98	0,99	1,00	0,99	1,03	1,04	1,06

TABELLE 12

Korrekturfaktoren für den ^{137}Cs -Gehalt wahrer Wert für das ... Phantom
Mittelwert der Meßanlage

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	1,01	1,00	0,97	0,90	0,98	0,96	0,95	0,94	0,96	0,99
2	0,78	1,02	1,04	0,95	0,96	0,93	0,92	0,88	0,83	—
3	0,83	0,95	0,97	0,93	0,95	0,98	1,01	0,95	1,02	1,03
4	0,72	0,81	0,88	0,92	0,94	0,94	1,01	1,02	1,10	—
5	0,92	0,91	0,91	0,92	0,91	0,91	0,90	0,91	0,91	0,91
6	0,86	0,93	0,97	1,00	1,00	1,06	1,07	1,10	1,12	—
7	0,72	0,85	0,94	0,96	0,97	1,03	0,98	1,00	1,03	—
8	0,74	0,83	0,83	0,87	0,87	0,90	0,92	0,91	0,94	0,95
9	0,74	0,73	0,80	0,81	0,81	0,86	0,92	0,97	0,97	0,95
10	0,49	0,71	0,80	0,84	0,89	0,92	0,98	0,99	1,07	1,10
11	0,80	0,82	0,89	0,95	0,95	0,97	0,96	1,01	1,06	1,14
12	0,59	0,70	0,76	0,80	0,85	0,90	0,95	1,01	1,03	1,06
13	1,06	0,99	1,01	0,93	0,92	0,99	0,96	1,00	1,00	1,01
14	1,48	1,41	1,36	1,28	1,32	1,38	1,35	1,37	1,41	1,45
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1,02	0,99	0,93	0,95	0,98	0,93	0,93	0,93	0,89	—
17	0,82	0,90	0,88	0,89	0,86	0,88	0,88	0,89	0,91	0,92
18	0,75	0,90	0,89	0,90	0,87	0,90	0,91	0,90	0,94	0,94
19	0,80	0,99	1,00	1,04	1,03	1,09	1,13	1,19	1,23	1,26
20	0,90	1,01	1,01	1,02	1,04	1,13	1,13	1,12	1,17	1,19
21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95
22	0,99	1,07	1,03	0,97	0,95	0,98	1,04	0,98	1,03	—
23	0,89	0,93	1,07	1,03	1,00	0,94	0,91	—	—	—
24	1,10	1,07	1,08	1,07	1,07	1,04	1,05	1,04	1,06	1,05
25	1,10	1,10	1,10	1,15	1,12	1,11	1,10	1,09	1,09	1,11
26	—	—	—	0,99	—	—	—	—	1,03	—
27	1,02	1,02	1,03	0,94	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,01
28	0,79	1,01	1,01	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,80	—
Mittelwert	0,88	0,95	0,97	0,96	0,97	0,99	0,99	1,00	1,02	1,06

TABELLE 13

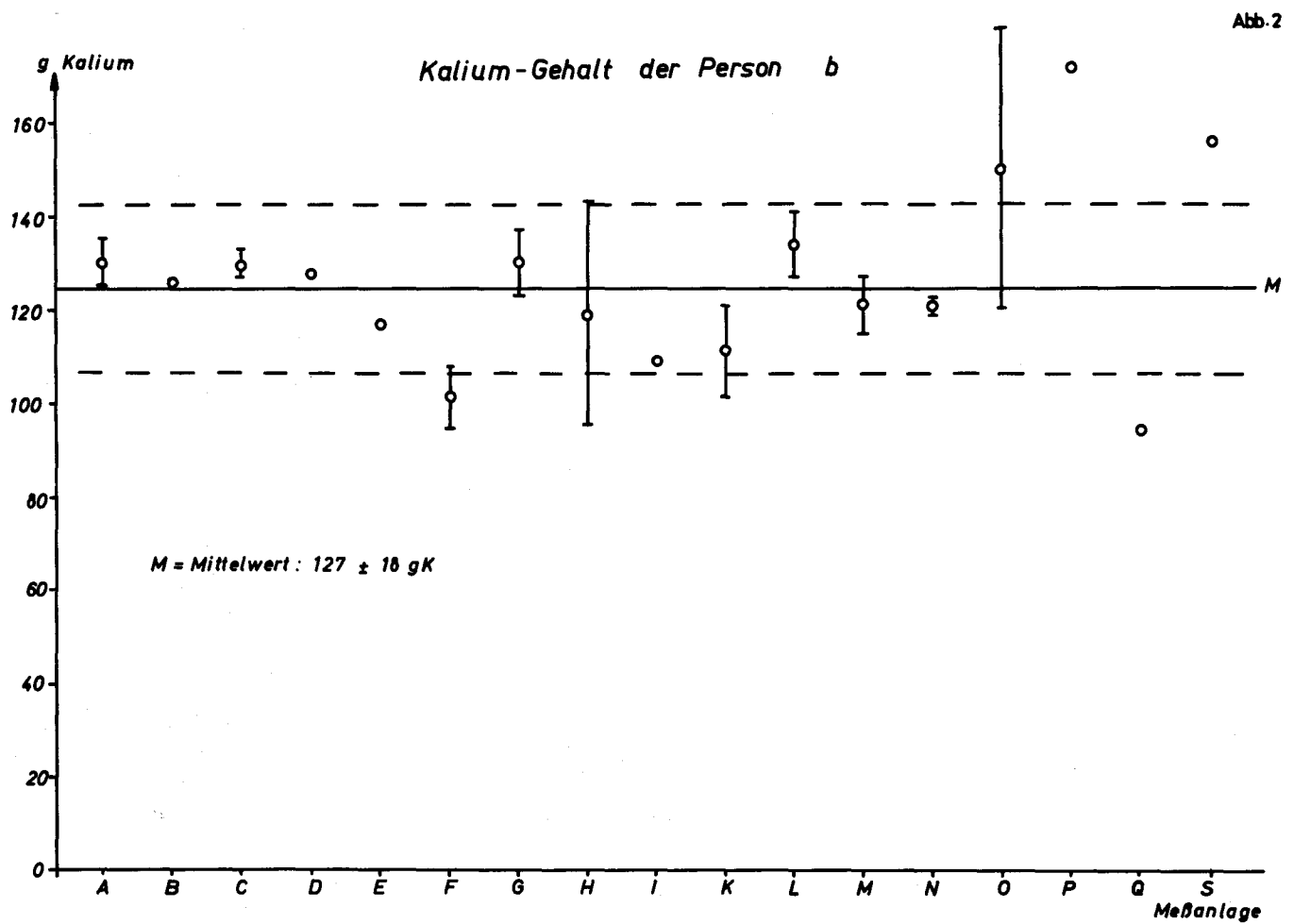
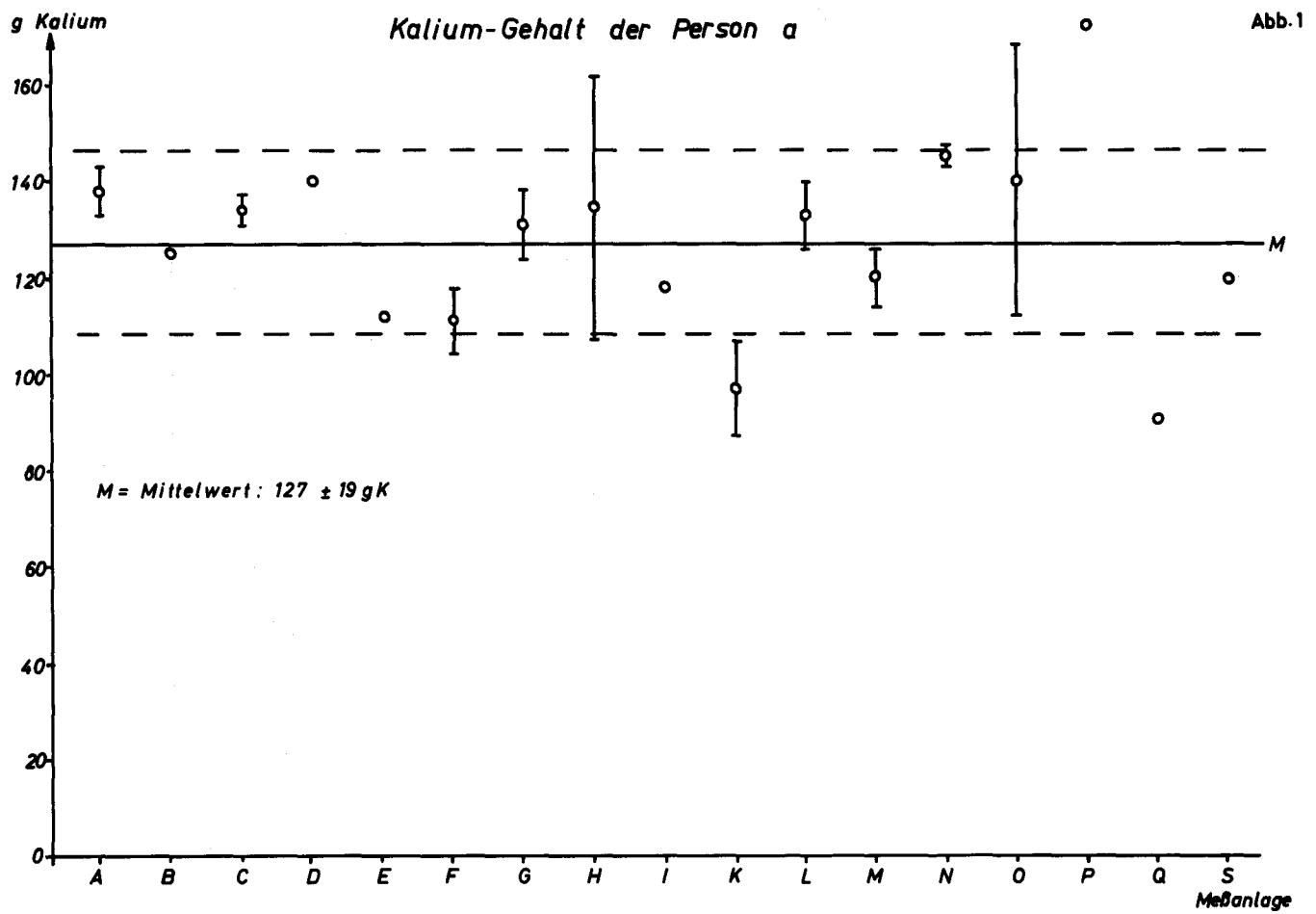
Korrekturfaktoren bezogen auf 70 kg = 1,00 für Kalium

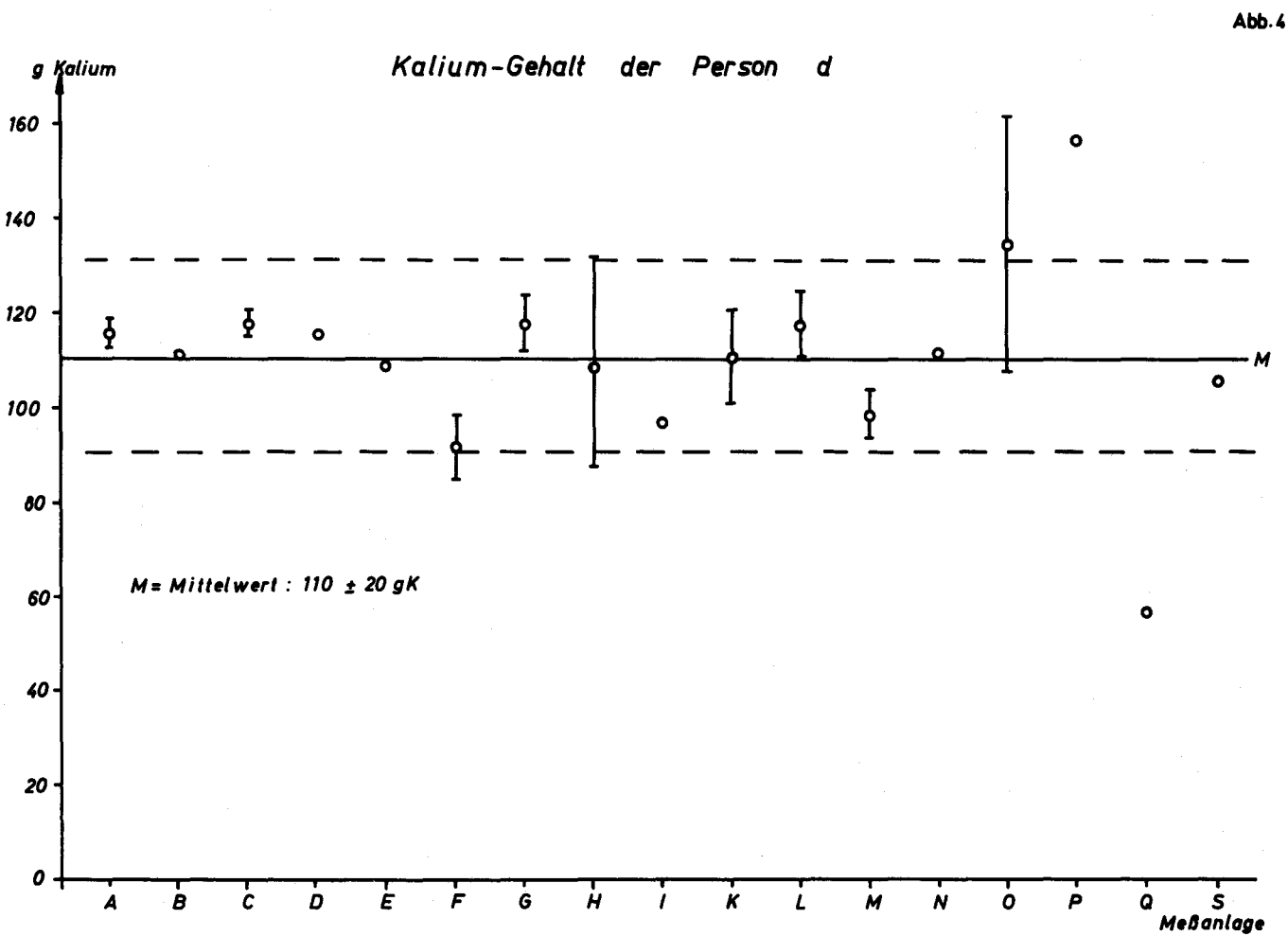
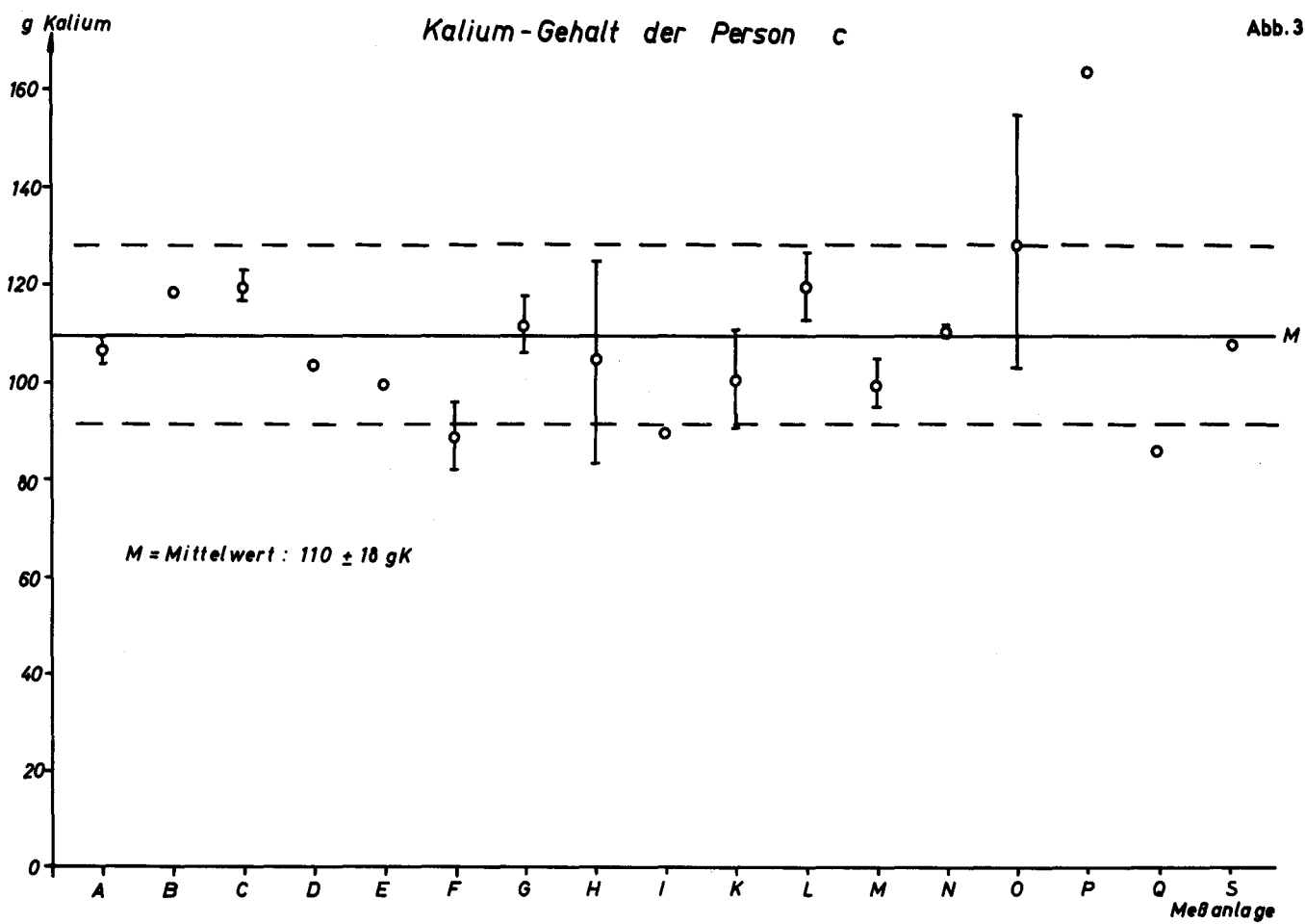
Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	1,01	0,98	1,00	0,92	0,99	0,99	1,00	0,98	1,01	0,98
2	0,85	0,97	1,10	0,95	0,98	1,00	1,00	1,08	1,05	—
3	0,97	1,01	1,00	1,03	1,03	1,05	1,00	0,99	1,04	0,98
4	0,74	0,81	0,94	0,97	0,95	0,94	1,00	1,00	1,07	—
5	1,01	1,01	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01
6	0,68	0,84	0,87	0,90	0,93	0,95	1,00	1,02	1,05	—
7	0,80	0,90	0,95	1,03	0,97	0,97	1,00	1,03	1,01	—
8	0,75	1,03	0,95	1,04	0,96	0,98	1,00	1,03	1,05	1,14
9	0,93	0,80	1,23	1,04	1,07	1,29	1,00	1,49	1,25	1,30
10	0,51	0,70	0,85	0,86	0,93	0,95	1,00	1,00	1,06	1,13
11	0,92	0,90	0,99	0,99	1,00	1,01	1,00	1,03	1,05	1,10
12	0,61	0,87	1,03	0,98	1,04	1,07	1,00	1,10	1,09	1,11
13	0,97	0,94	0,99	0,98	0,95	0,94	1,00	1,01	1,00	1,03
14	0,90	0,85	1,01	1,16	1,13	1,00	1,00	1,09	1,07	1,04
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1,25	0,94	1,02	0,98	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00	—
17	1,01	1,03	1,01	1,01	0,99	1,02	1,00	1,01	1,02	1,07
18	1,01	1,01	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00	1,04	1,03	1,06
19	0,72	0,86	0,86	0,89	0,90	0,95	1,00	1,04	1,07	1,10
20	0,89	0,94	0,90	0,92	0,94	1,03	1,00	1,02	1,01	1,04
21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06
22	1,00	1,01	0,98	0,96	0,97	0,97	1,00	0,97	1,01	—
23	1,22	0,99	1,17	1,10	1,07	1,08	1,00	—	—	—
24	1,06	0,99	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	0,97
25	0,98	1,18	1,05	1,11	1,09	1,10	1,00	0,96	0,99	1,02
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	1,05	0,98	0,98	0,90	0,96	0,97	1,00	1,01	1,01	1,01
28	0,81	0,95	1,03	0,91	0,95	1,00	1,00	1,02	1,00	—
Mittelwert	0,91	0,94	1,00	0,99	0,99	1,01	1,00	1,04	1,04	1,06

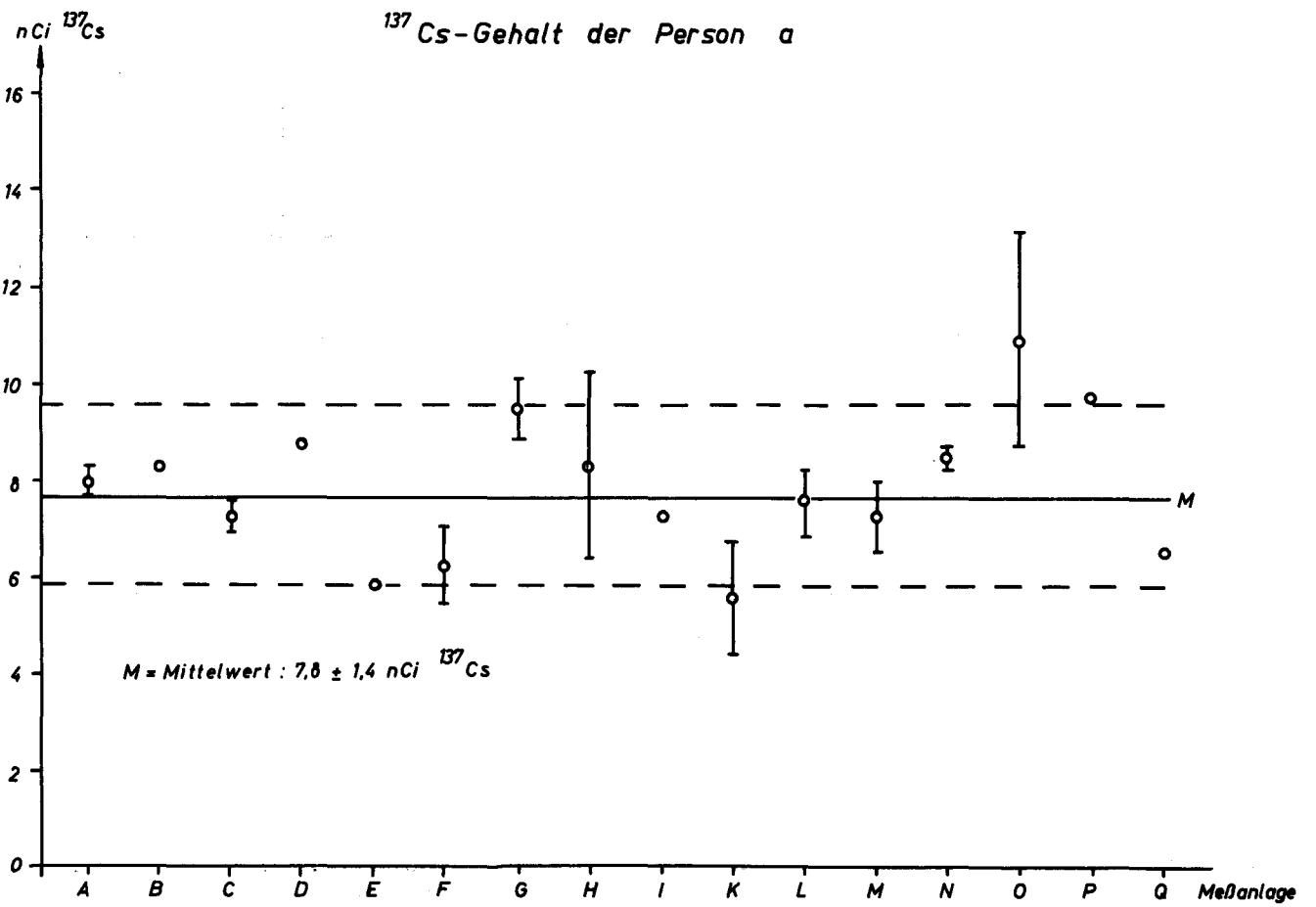
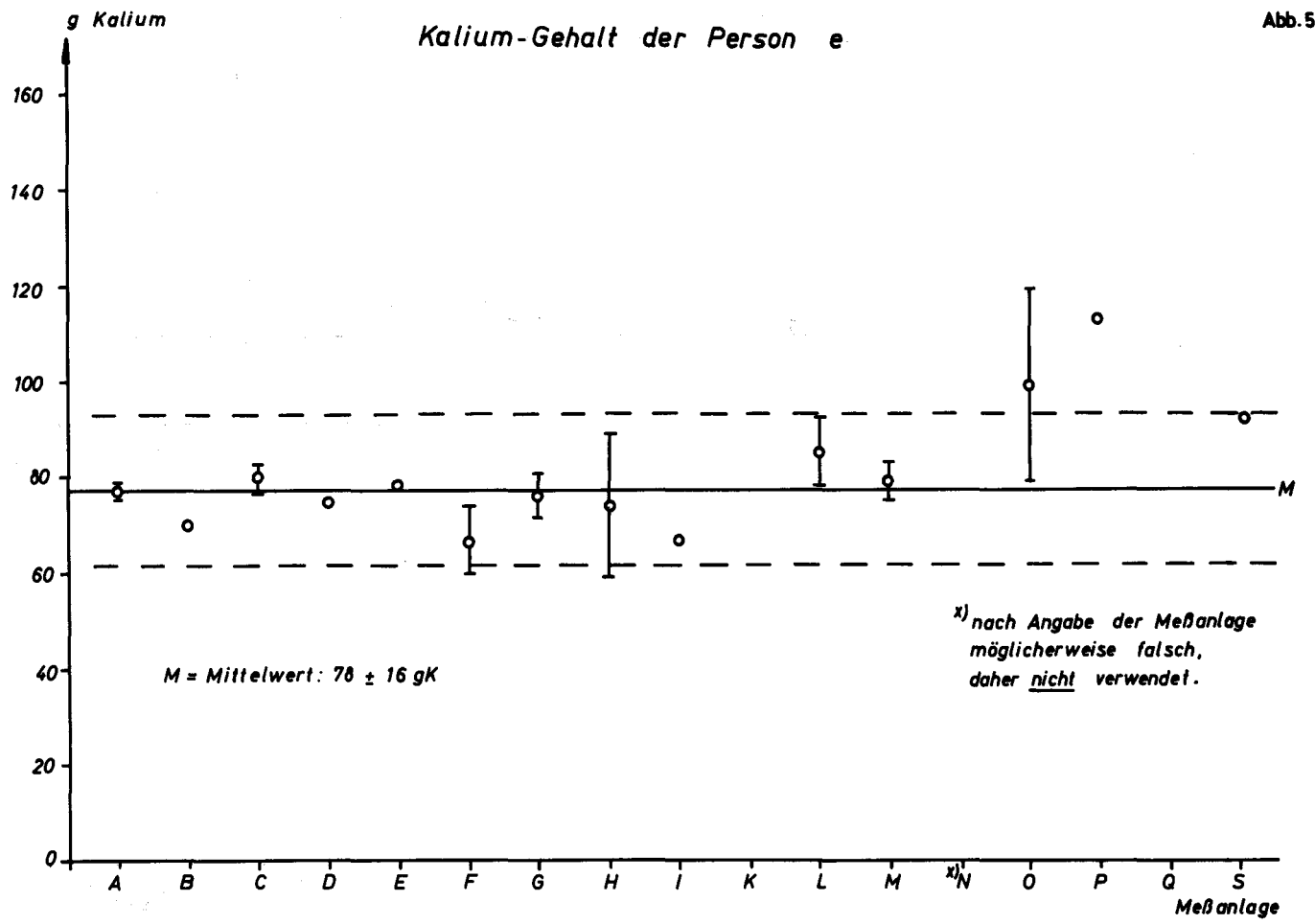
TABELLE 14

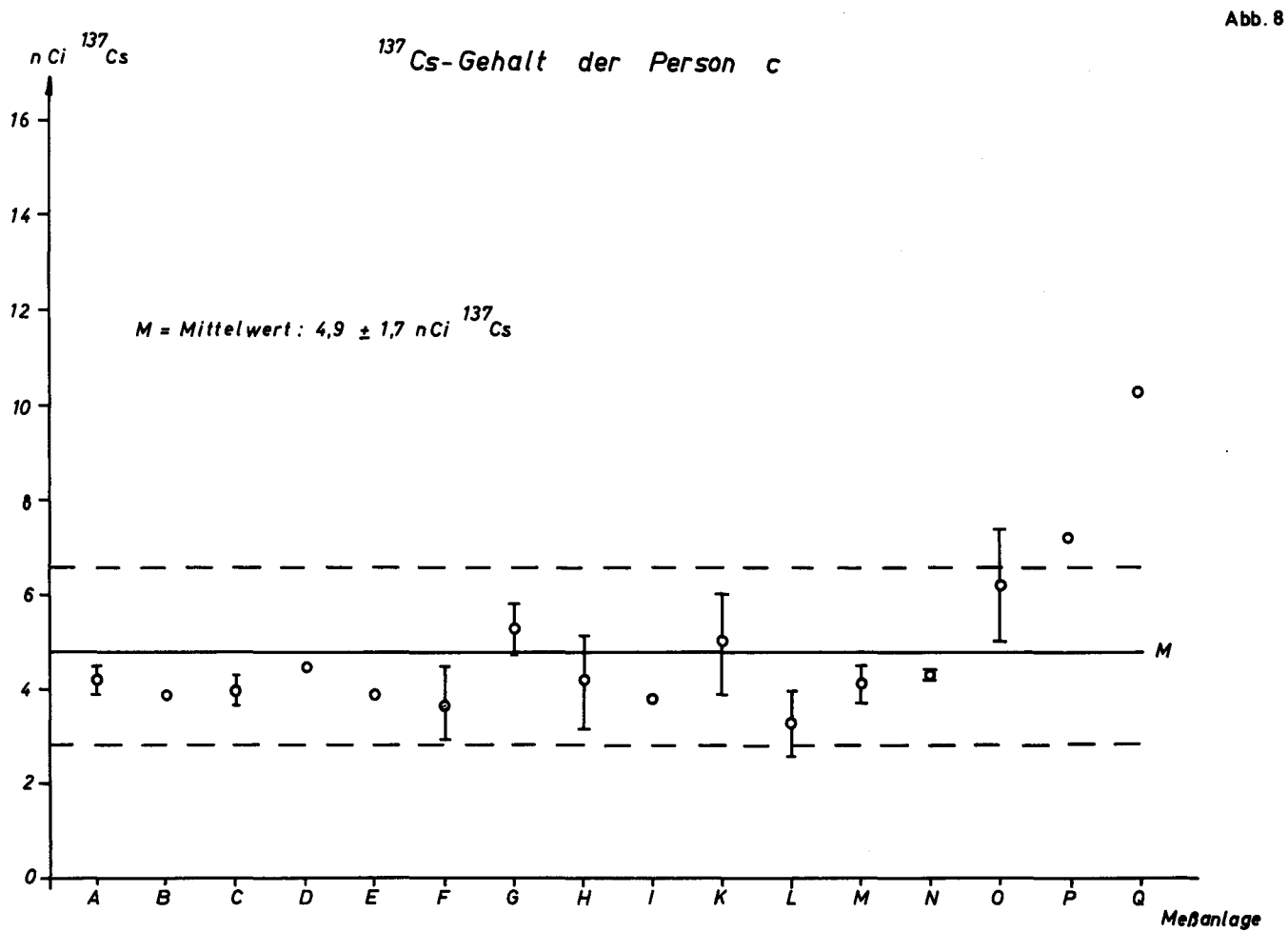
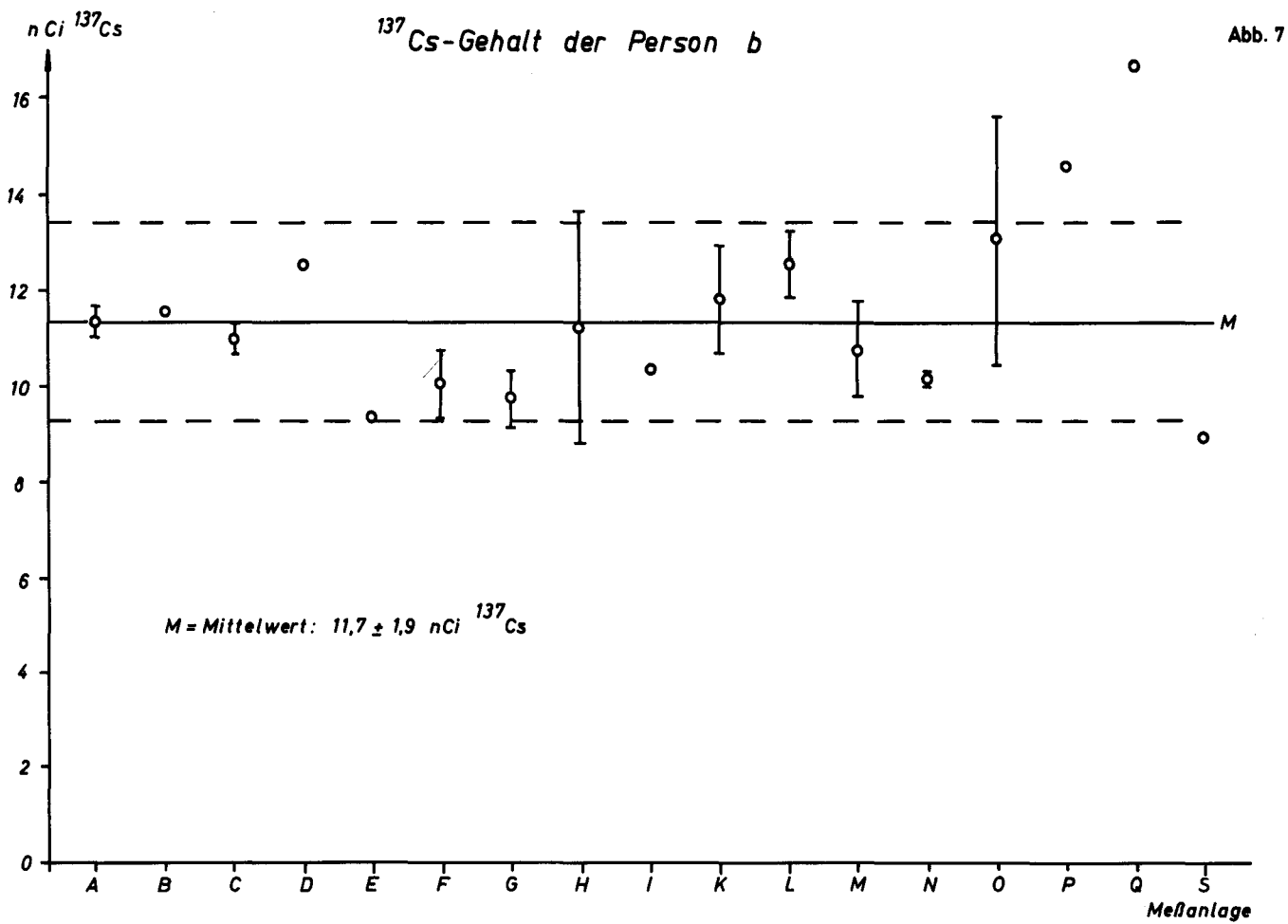
Korrekturfaktoren bezogen auf 70 kg Phantom = 1,00 für ^{137}Cs

Meßanlage	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	61 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
1	1,06	1,05	1,02	0,95	1,03	1,01	1,00	0,99	1,01	1,04
2	0,85	1,11	1,13	1,03	1,04	1,01	1,00	0,96	0,90	—
3	0,82	0,94	0,96	0,92	0,94	0,97	1,00	0,94	1,01	1,02
4	0,71	0,80	0,87	0,91	0,93	0,93	1,00	1,01	1,09	—
5	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	1,01
6	0,80	0,87	0,91	0,93	0,93	0,99	1,00	1,03	1,05	—
7	0,73	0,87	0,96	0,98	0,99	1,05	1,00	1,02	1,05	—
8	0,80	0,90	0,90	0,95	0,95	0,98	1,00	0,99	1,02	1,03
9	0,80	0,79	0,87	0,88	0,88	0,93	1,00	1,05	1,05	1,03
10	0,50	0,72	0,82	0,86	0,91	0,94	1,00	1,01	1,09	1,12
11	0,83	0,85	0,93	0,99	0,99	1,01	1,00	1,05	1,10	1,19
12	0,62	0,74	0,80	0,84	0,89	0,95	1,00	1,06	1,08	1,12
13	1,10	1,03	1,05	0,97	0,96	1,03	1,00	1,04	1,04	1,05
14	1,10	1,04	1,01	0,95	0,98	1,02	1,00	1,01	1,04	1,07
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1,10	1,06	1,00	1,02	1,05	1,00	1,00	1,00	0,96	—
17	0,93	1,02	1,00	1,01	0,98	1,00	1,00	1,01	1,03	1,05
18	0,82	0,99	0,98	0,99	0,96	0,99	1,00	0,99	1,03	1,03
19	0,71	0,88	0,88	0,92	0,91	0,96	1,00	1,05	1,09	1,12
20	0,80	0,89	0,89	0,90	0,92	1,00	1,00	0,99	1,04	1,05
21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95
22	0,95	1,03	0,99	0,93	0,91	0,94	1,00	0,94	0,99	—
23	0,98	1,02	1,18	1,13	1,10	1,03	1,00	—	—	—
24	1,05	1,02	1,03	1,02	1,02	0,99	1,00	0,99	1,01	1,00
25	1,00	1,00	1,00	1,05	1,02	1,01	1,00	0,99	0,99	1,01
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	1,03	1,03	1,04	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02
28	0,90	1,15	1,15	1,06	1,05	1,02	1,00	0,98	0,91	—
Mittelwert	0,89	0,95	0,98	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,02	1,05









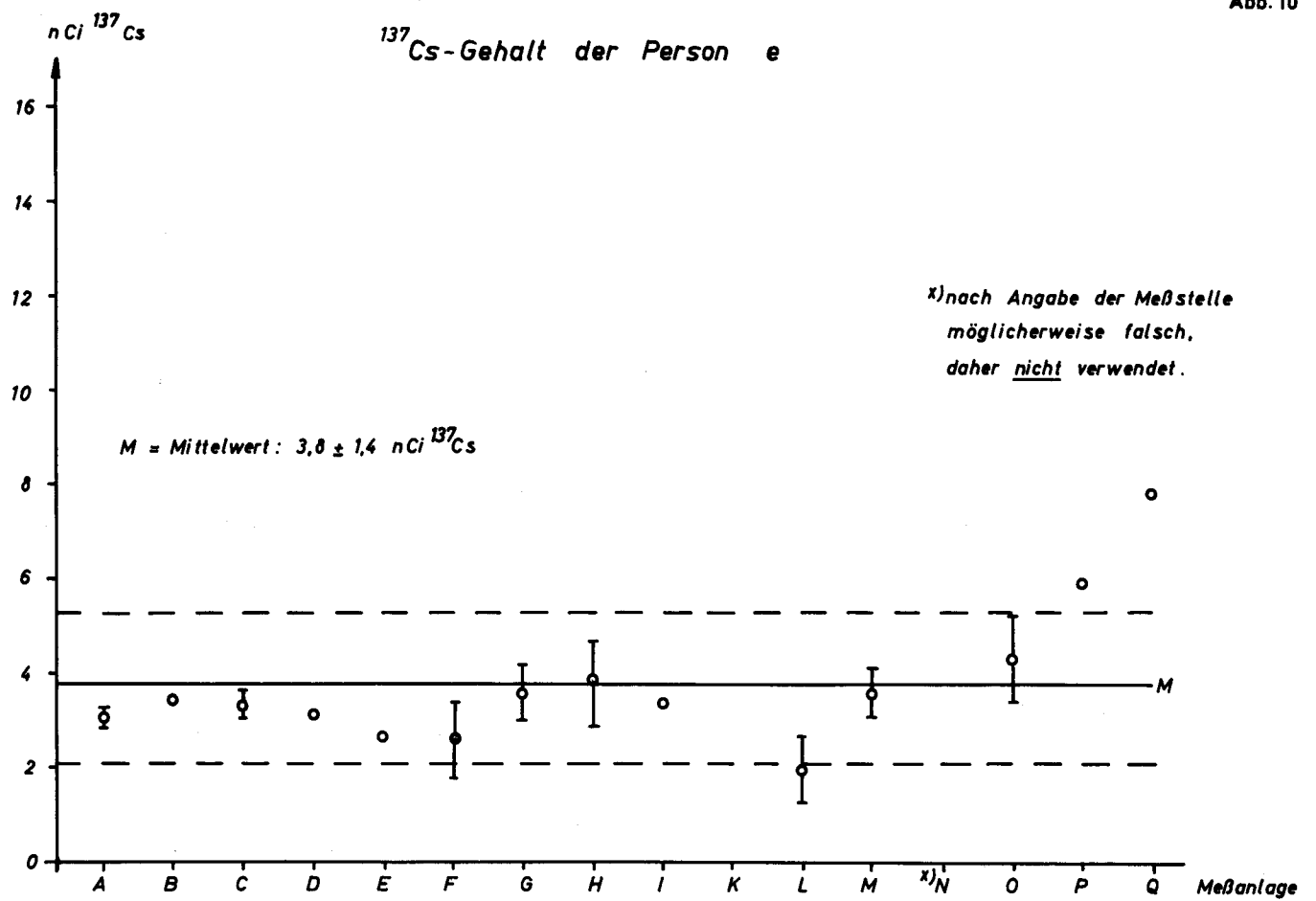
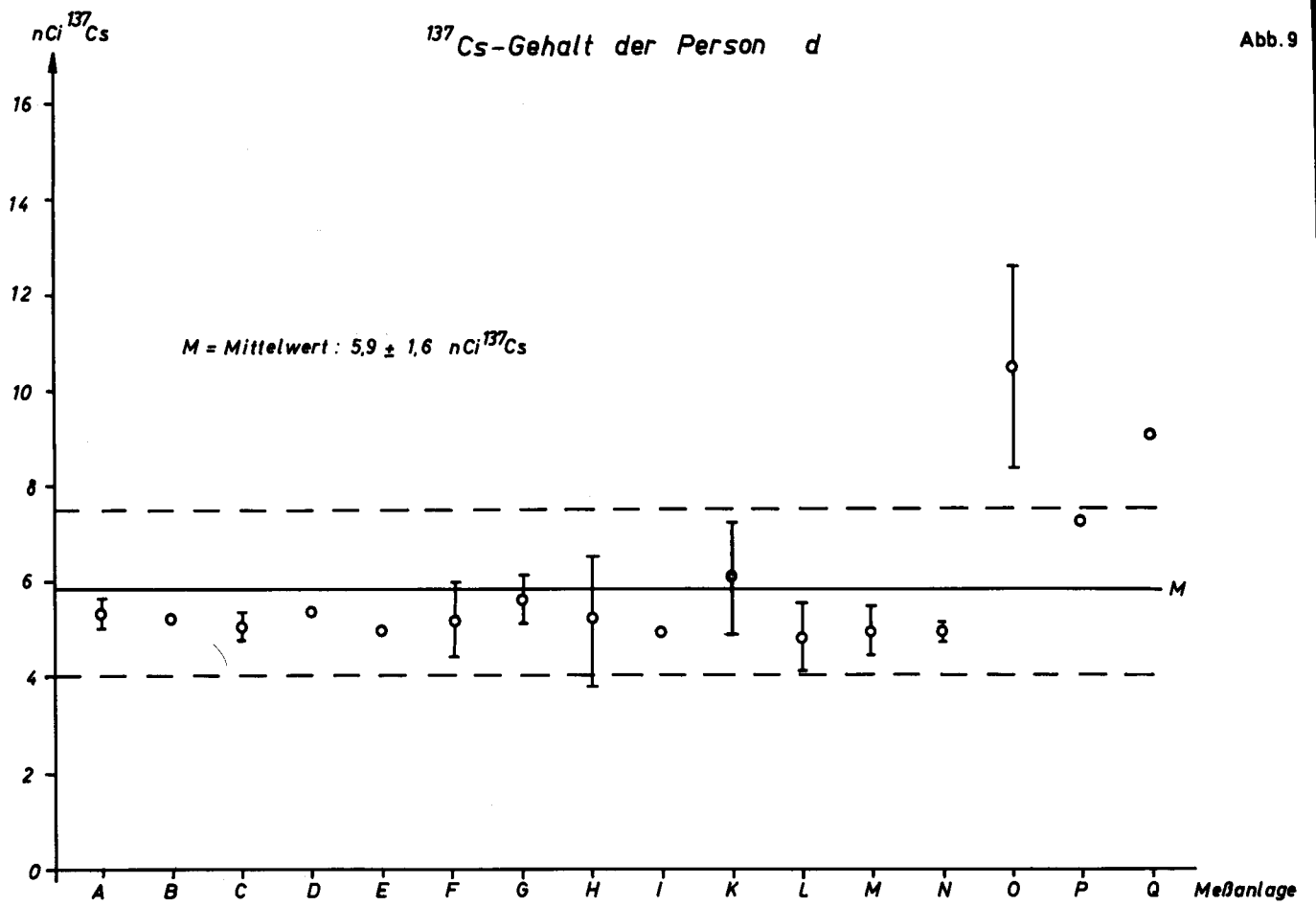
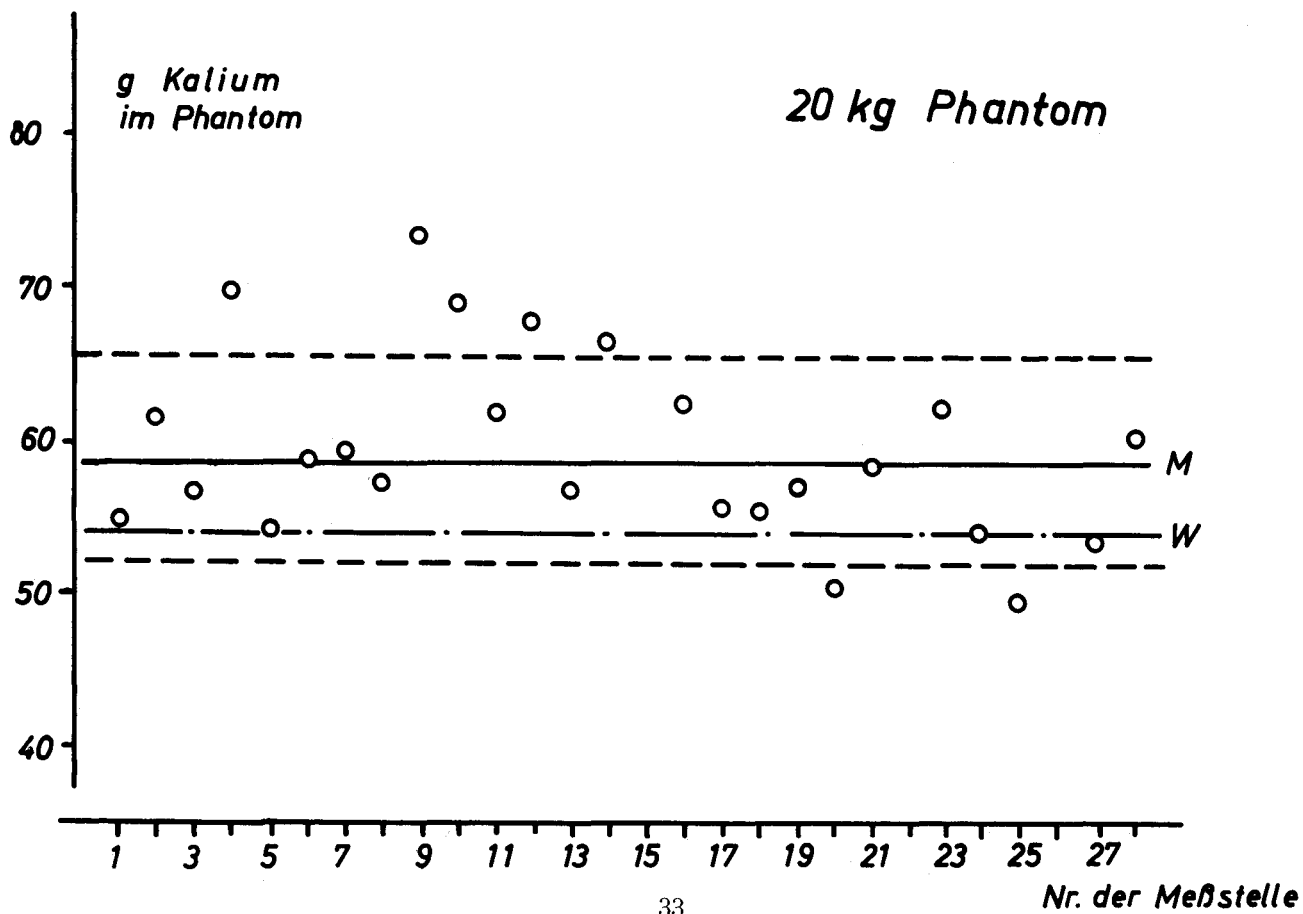
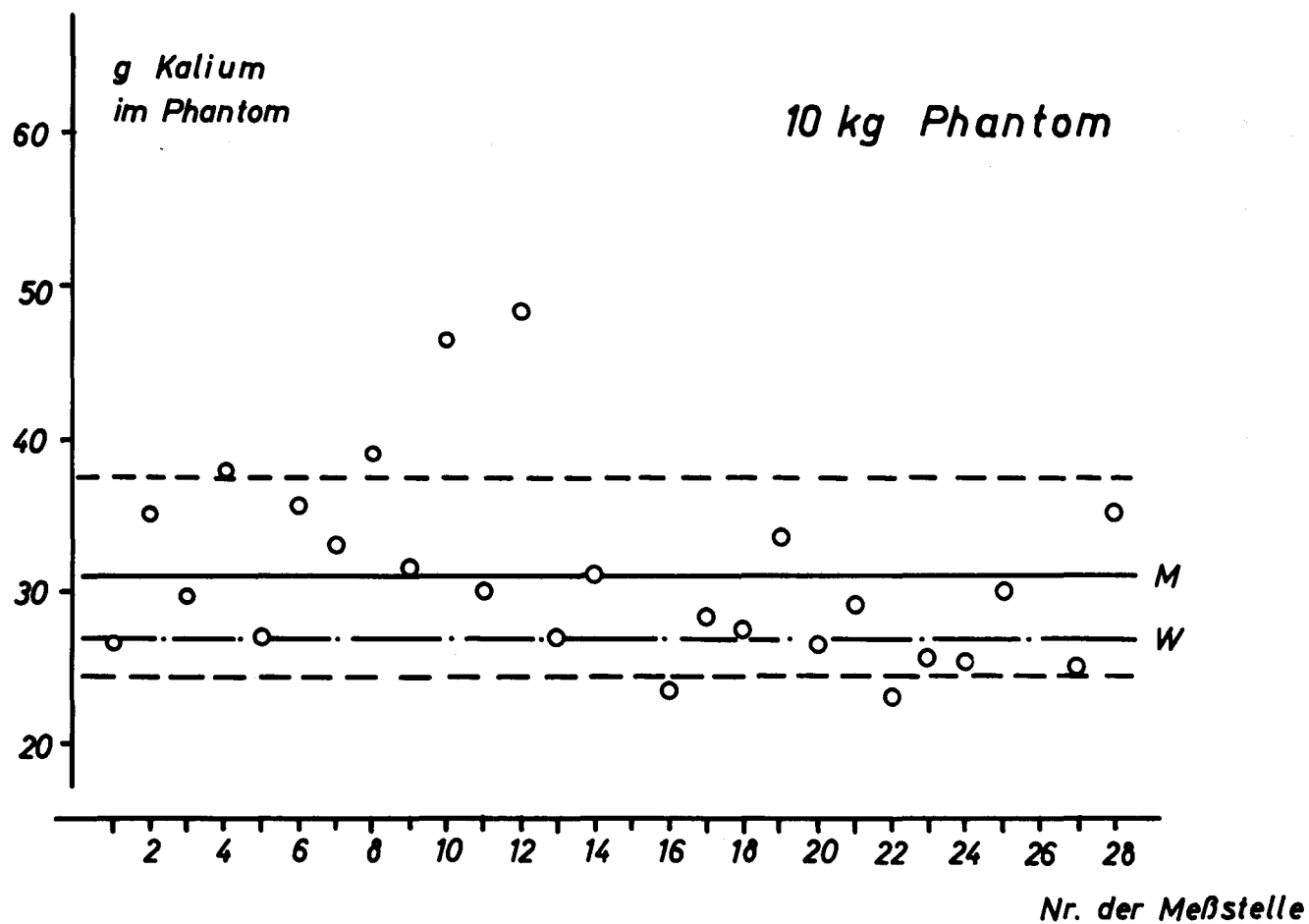


Abb. 11



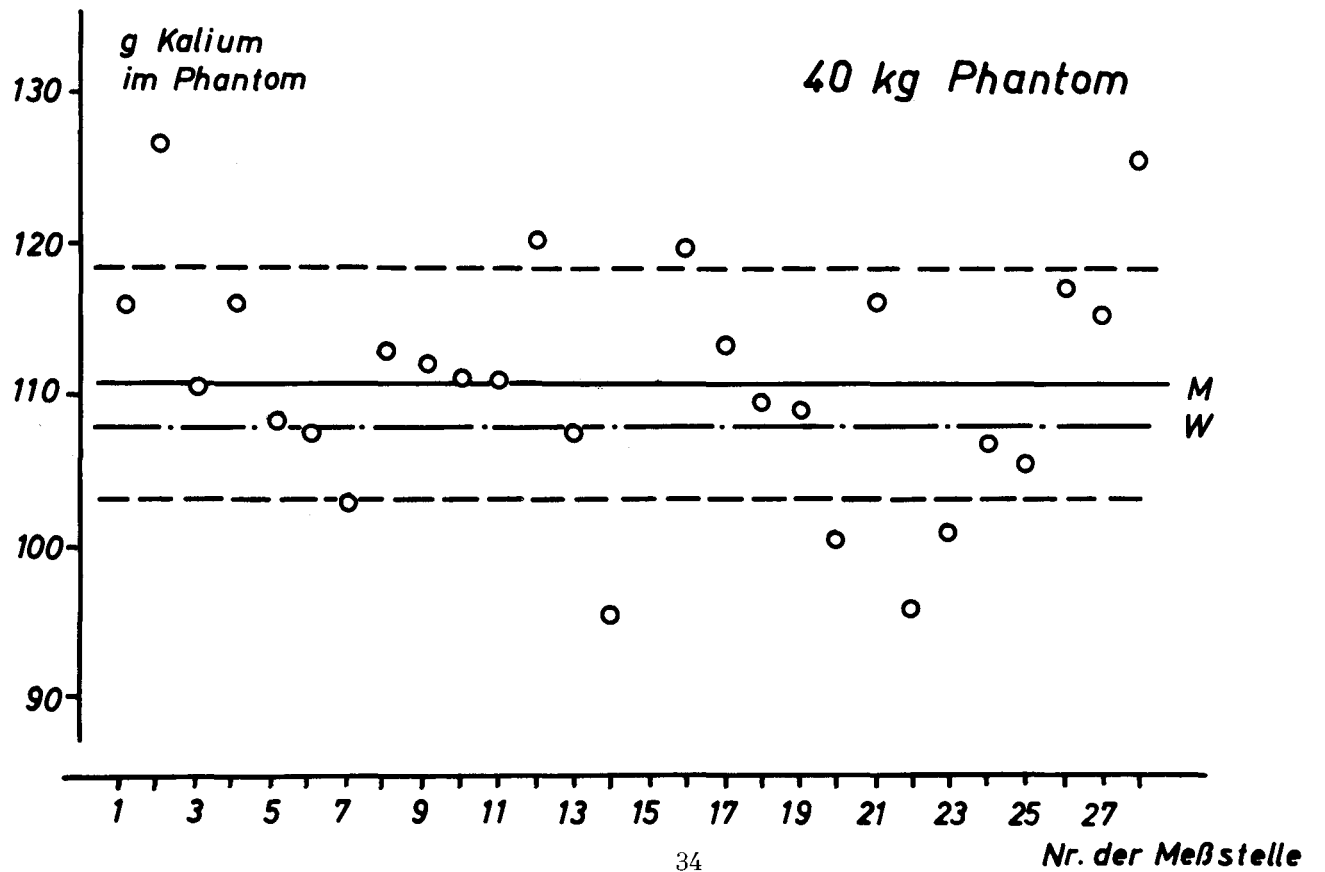
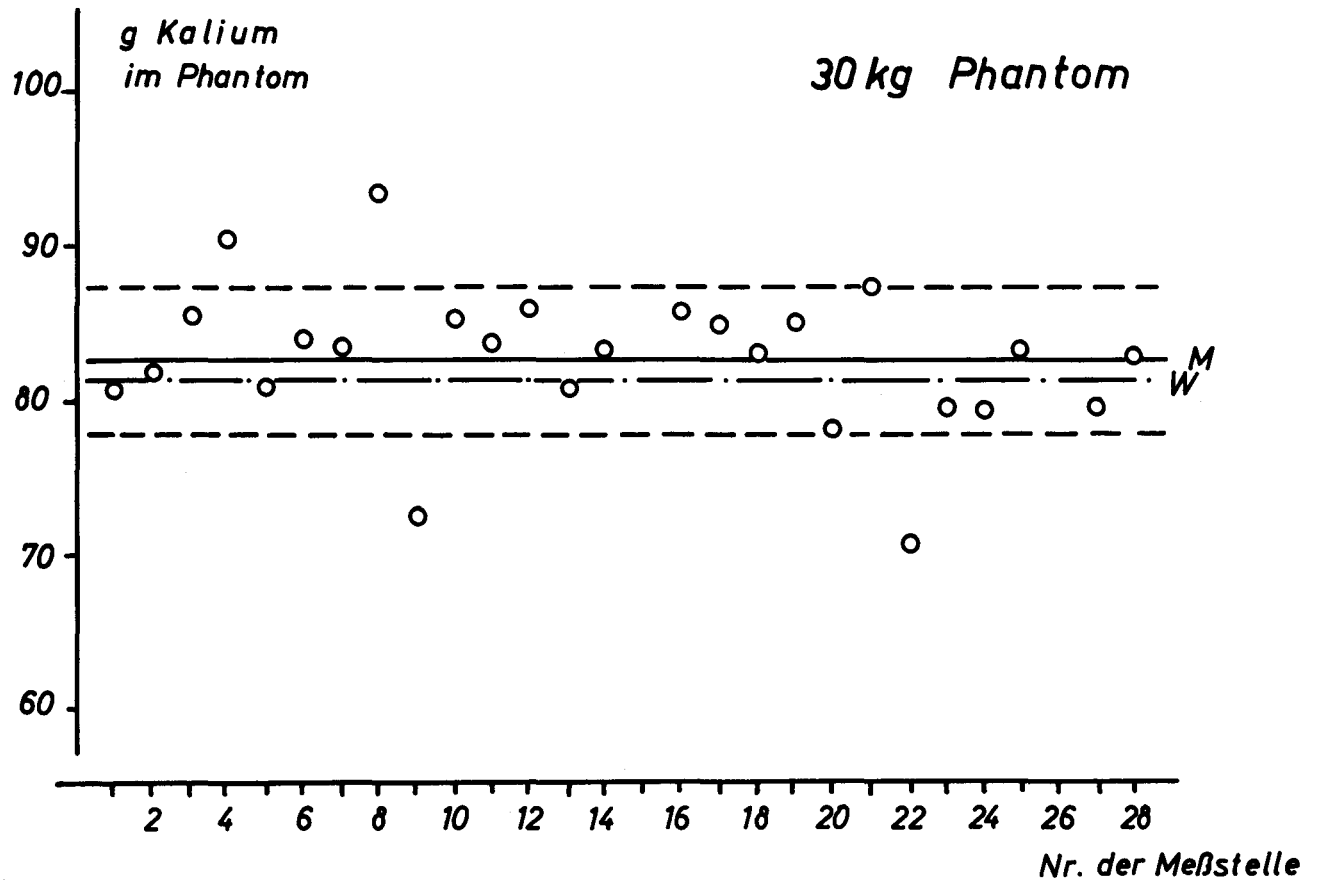
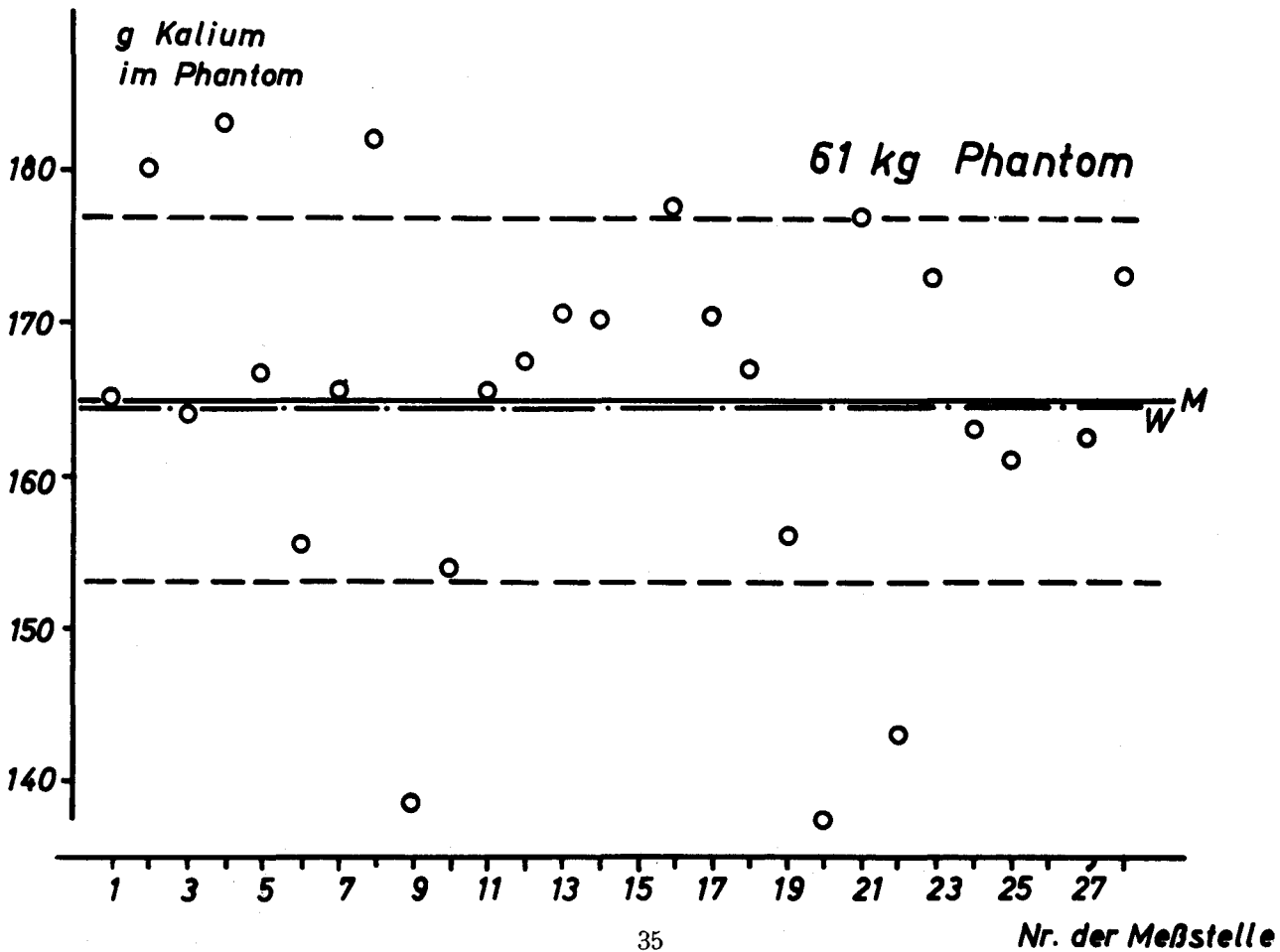
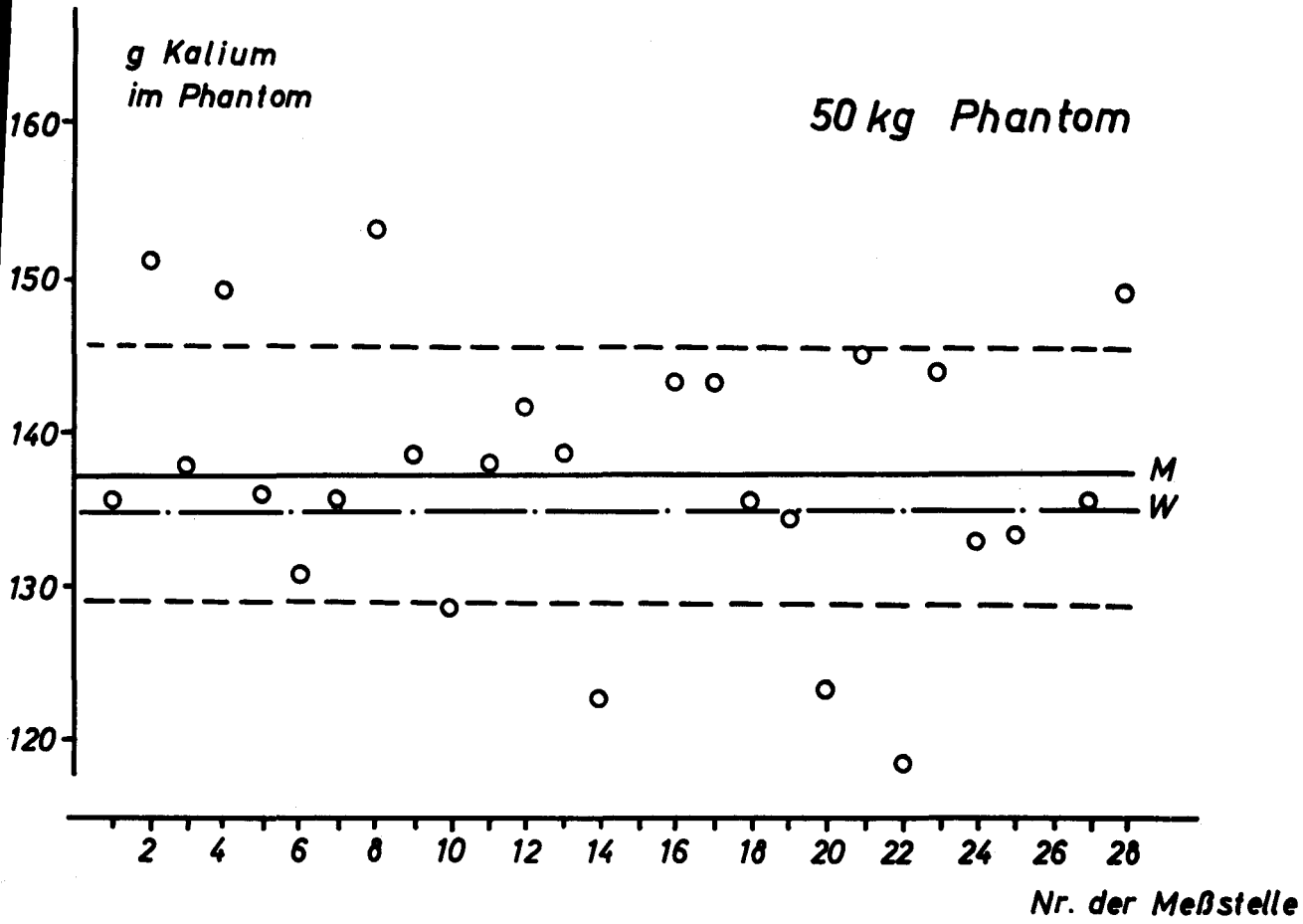
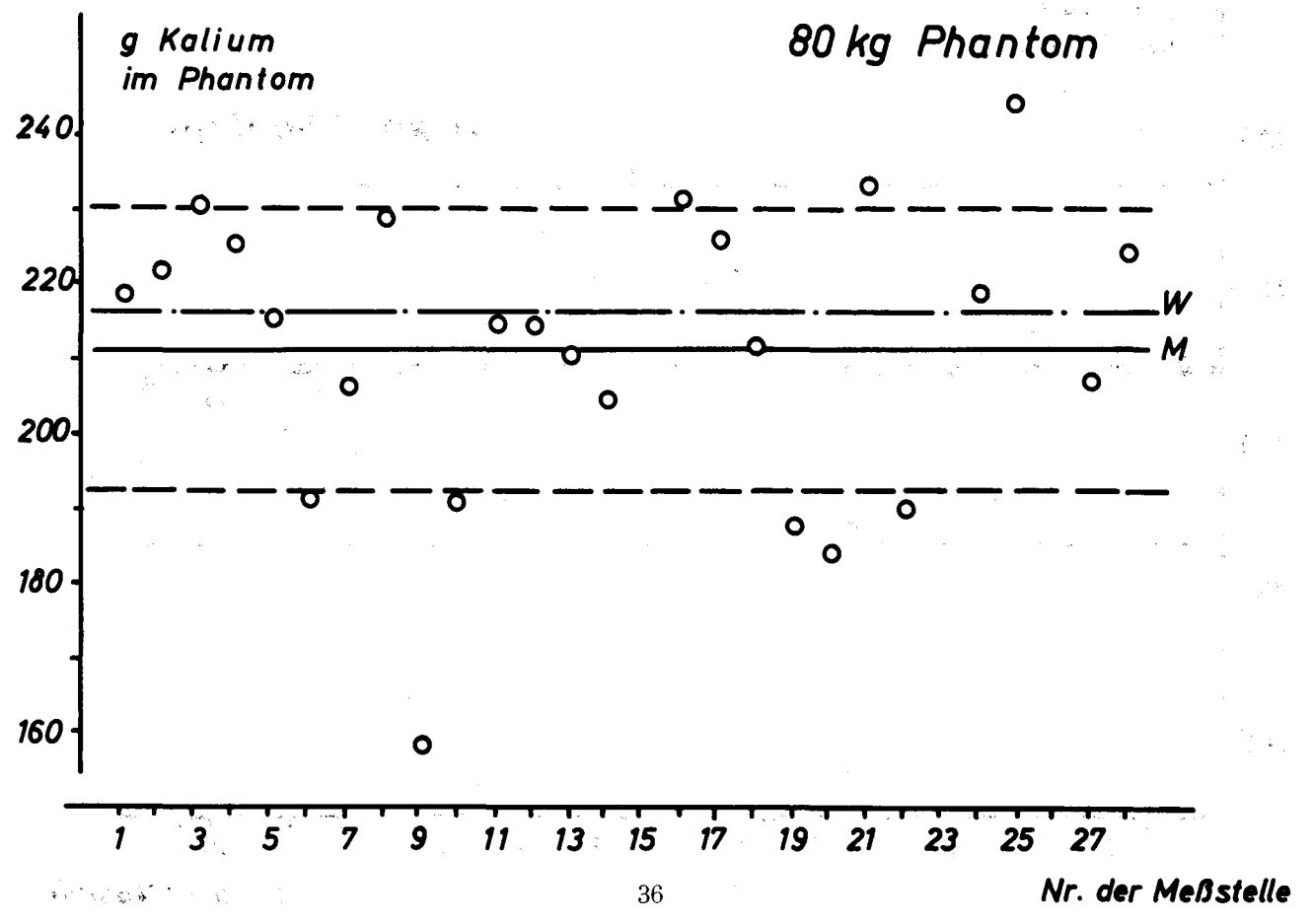
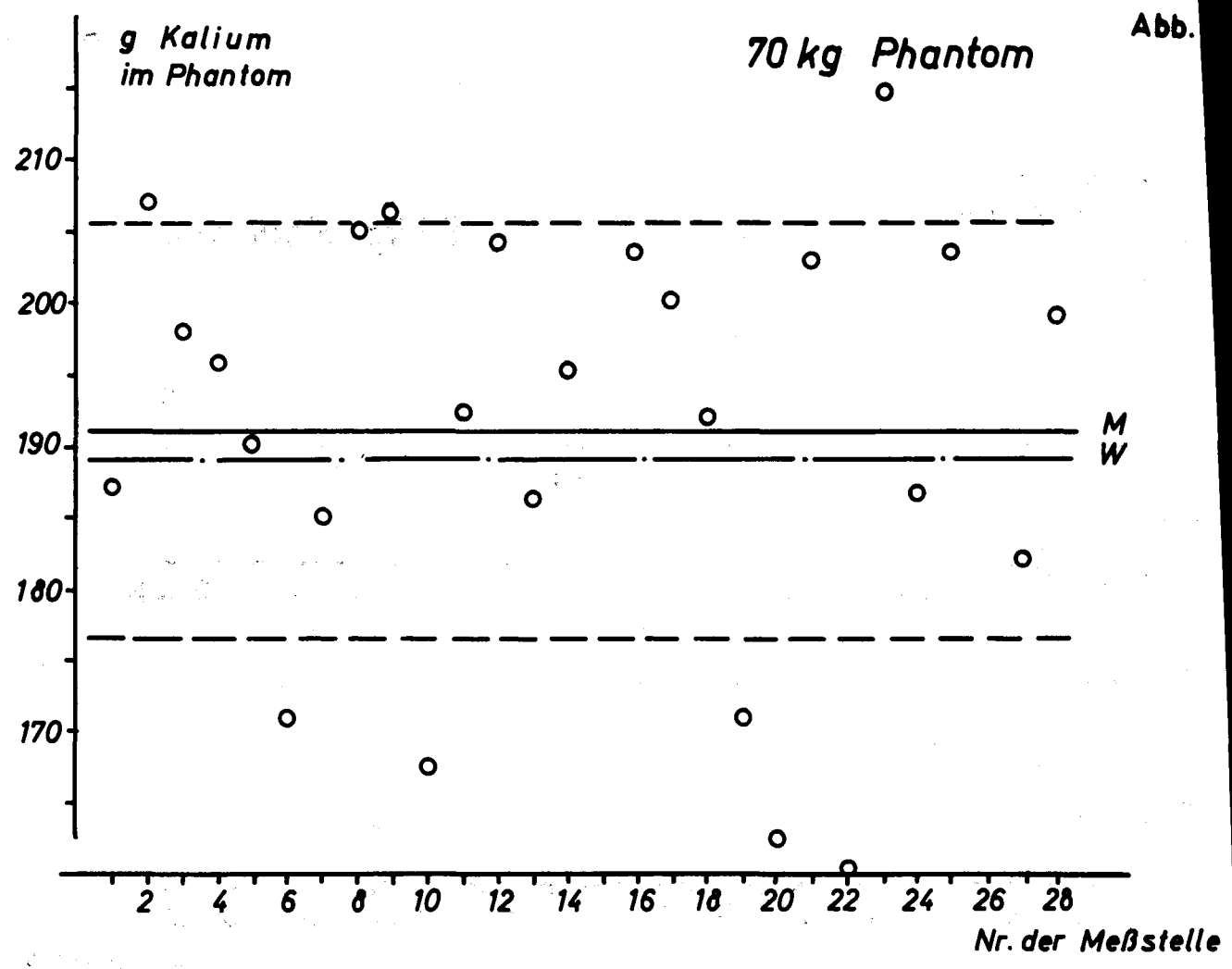
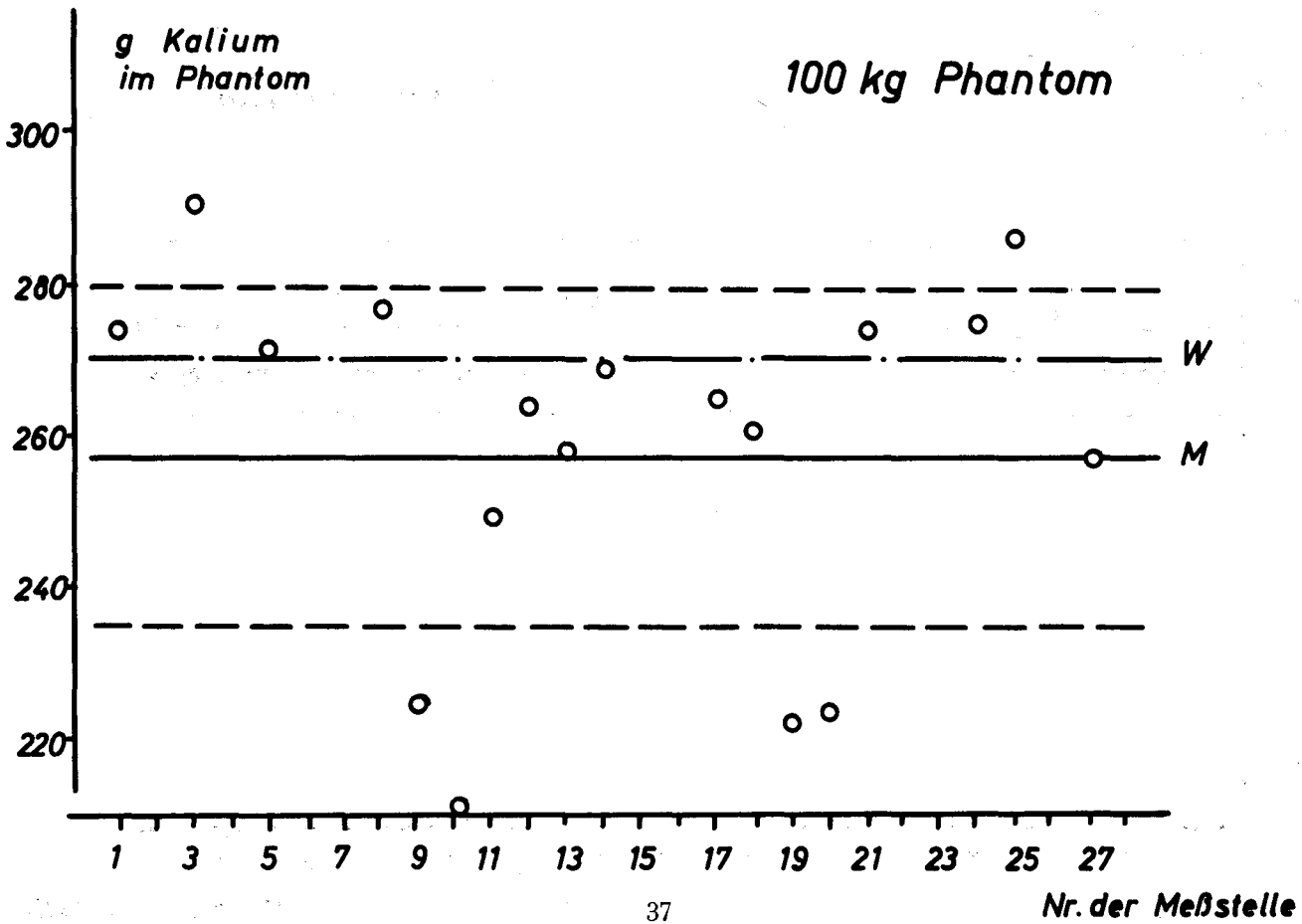
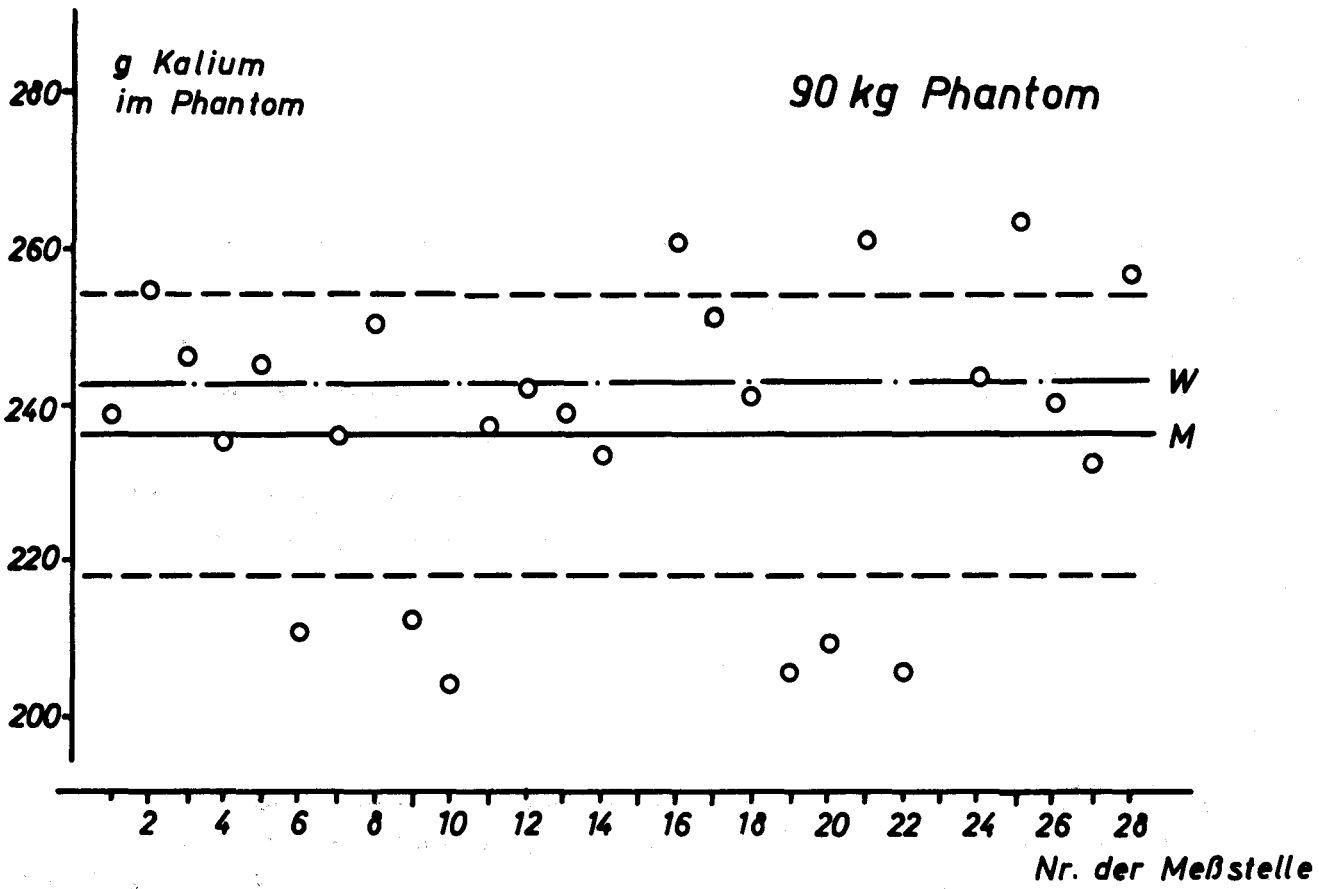


Abb. 13







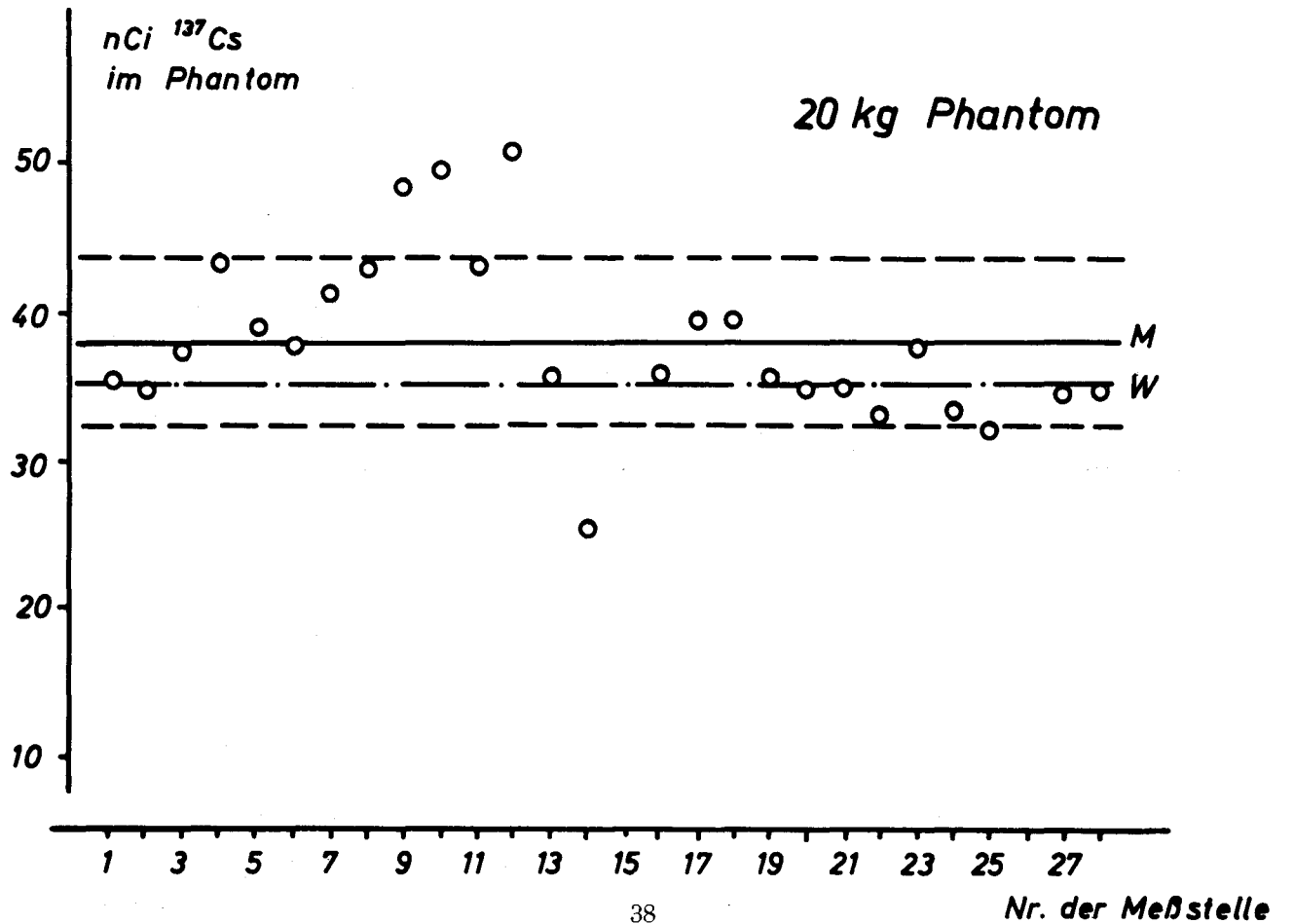
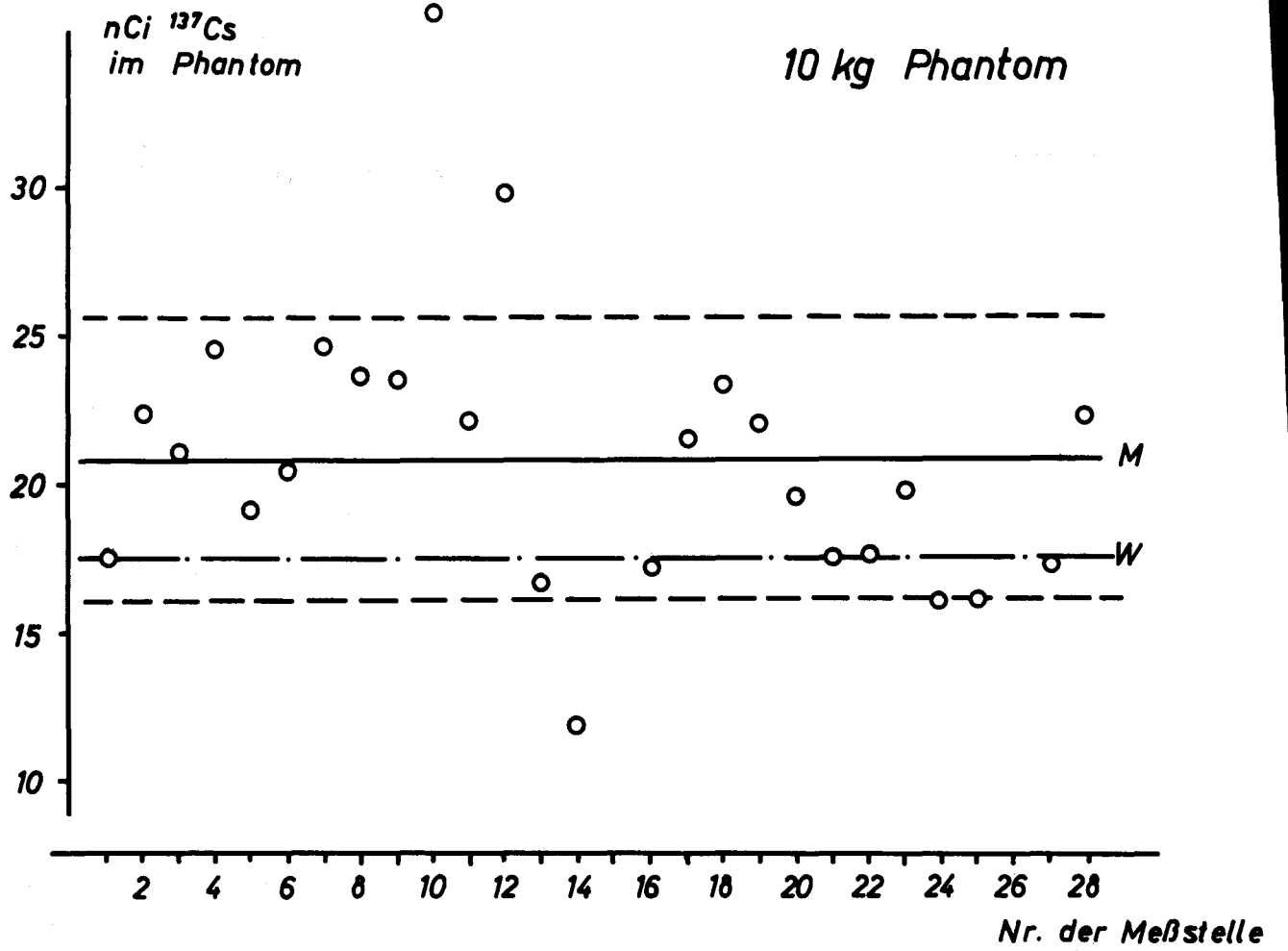
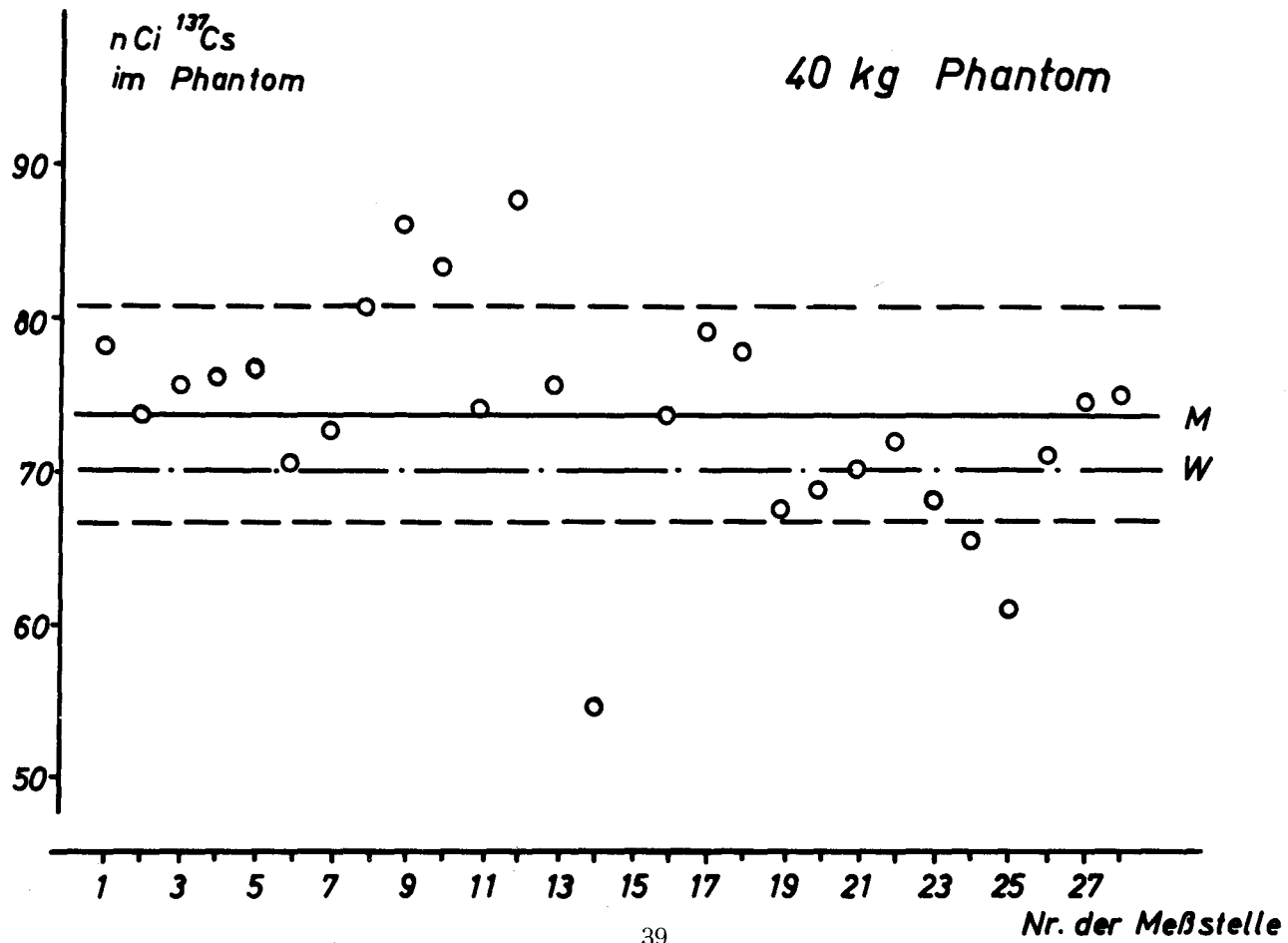
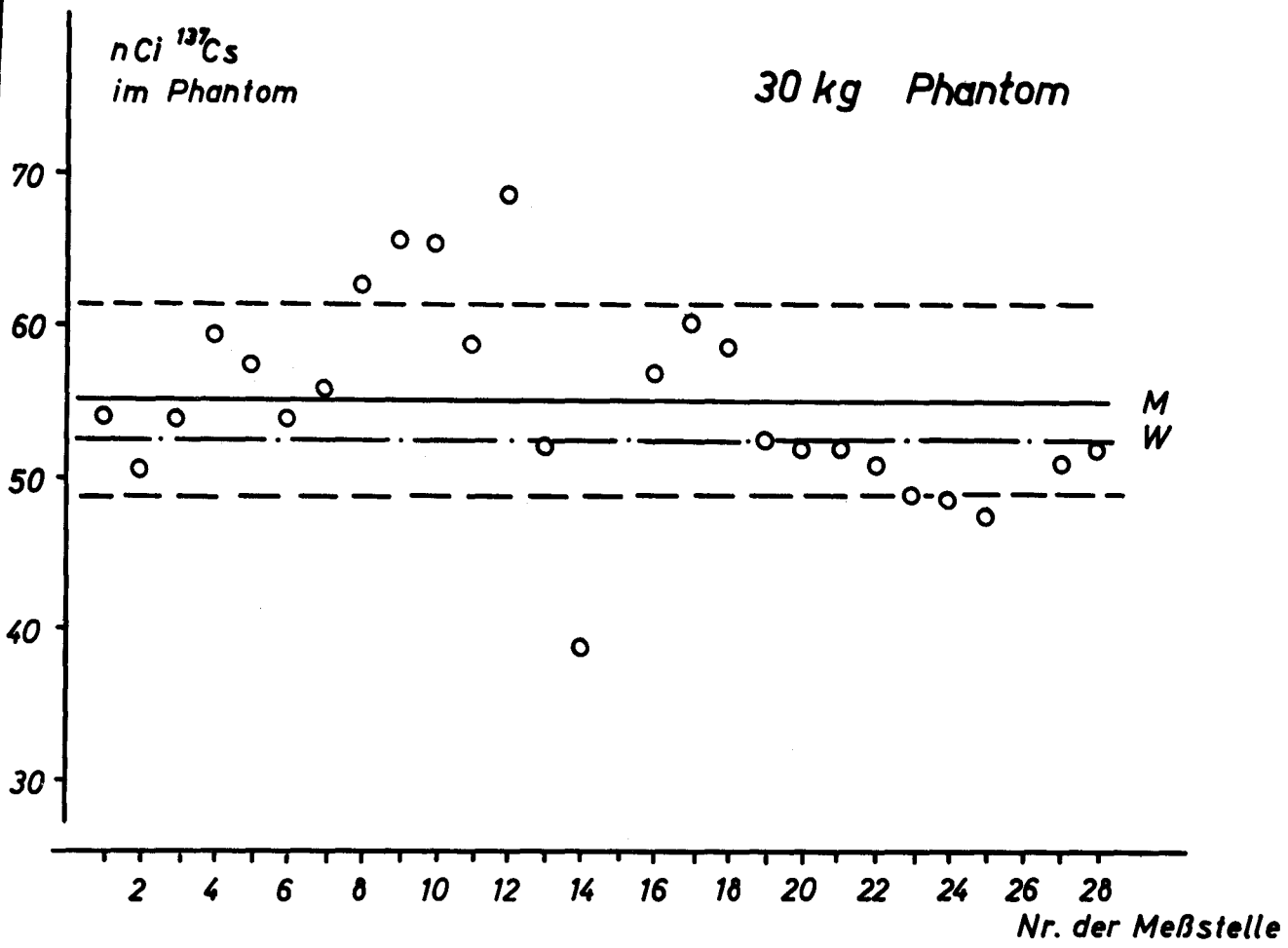


Abb.17



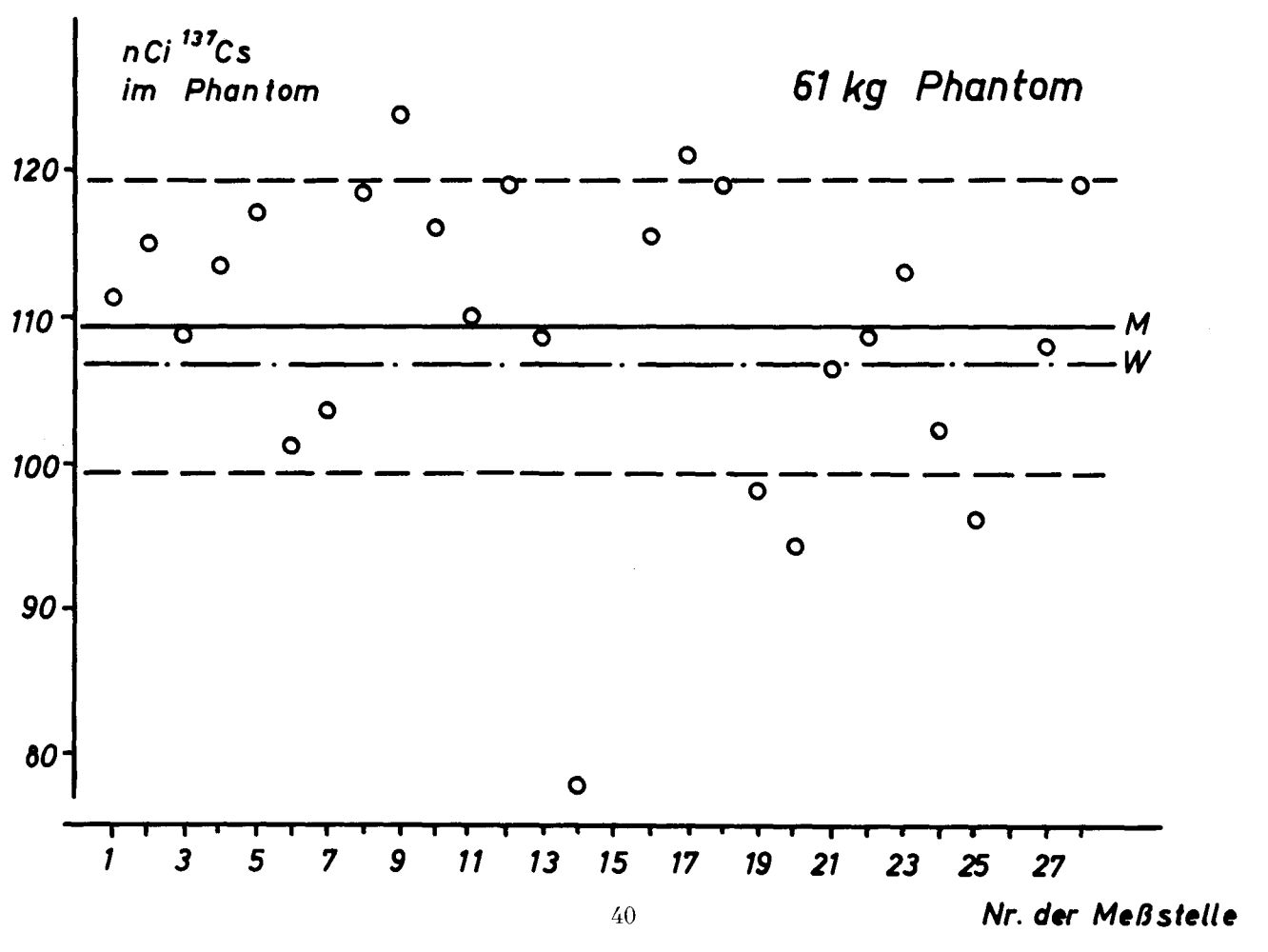
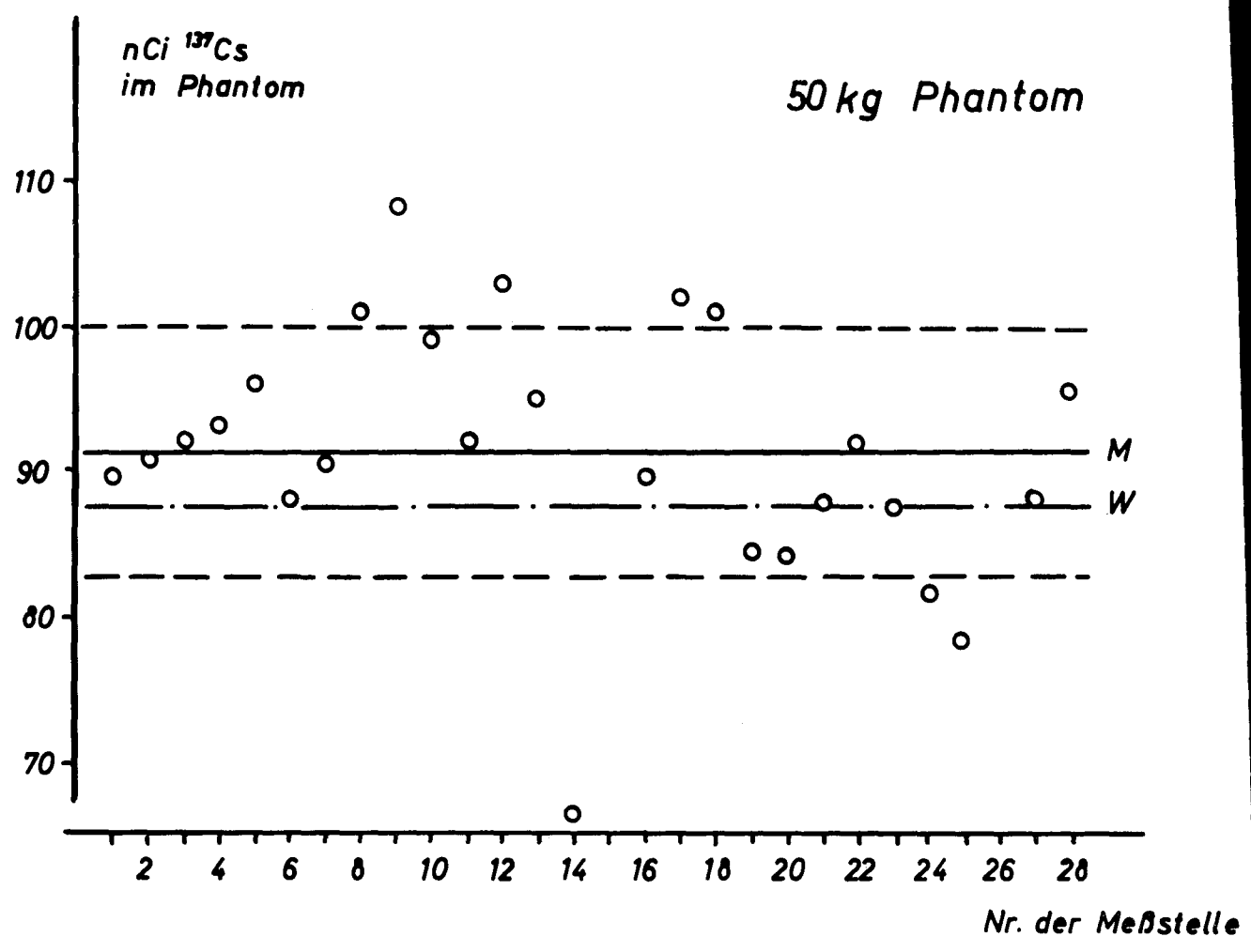
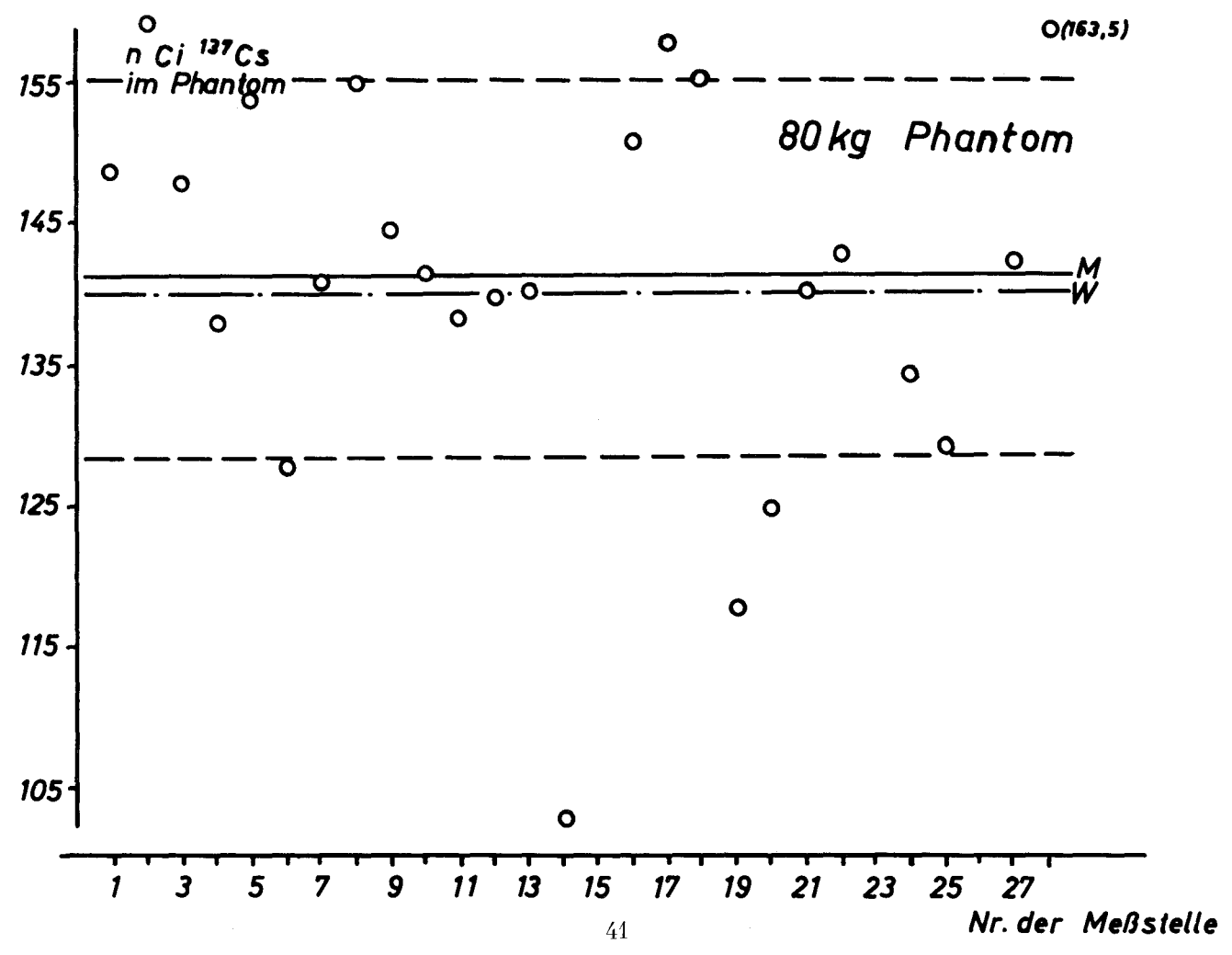
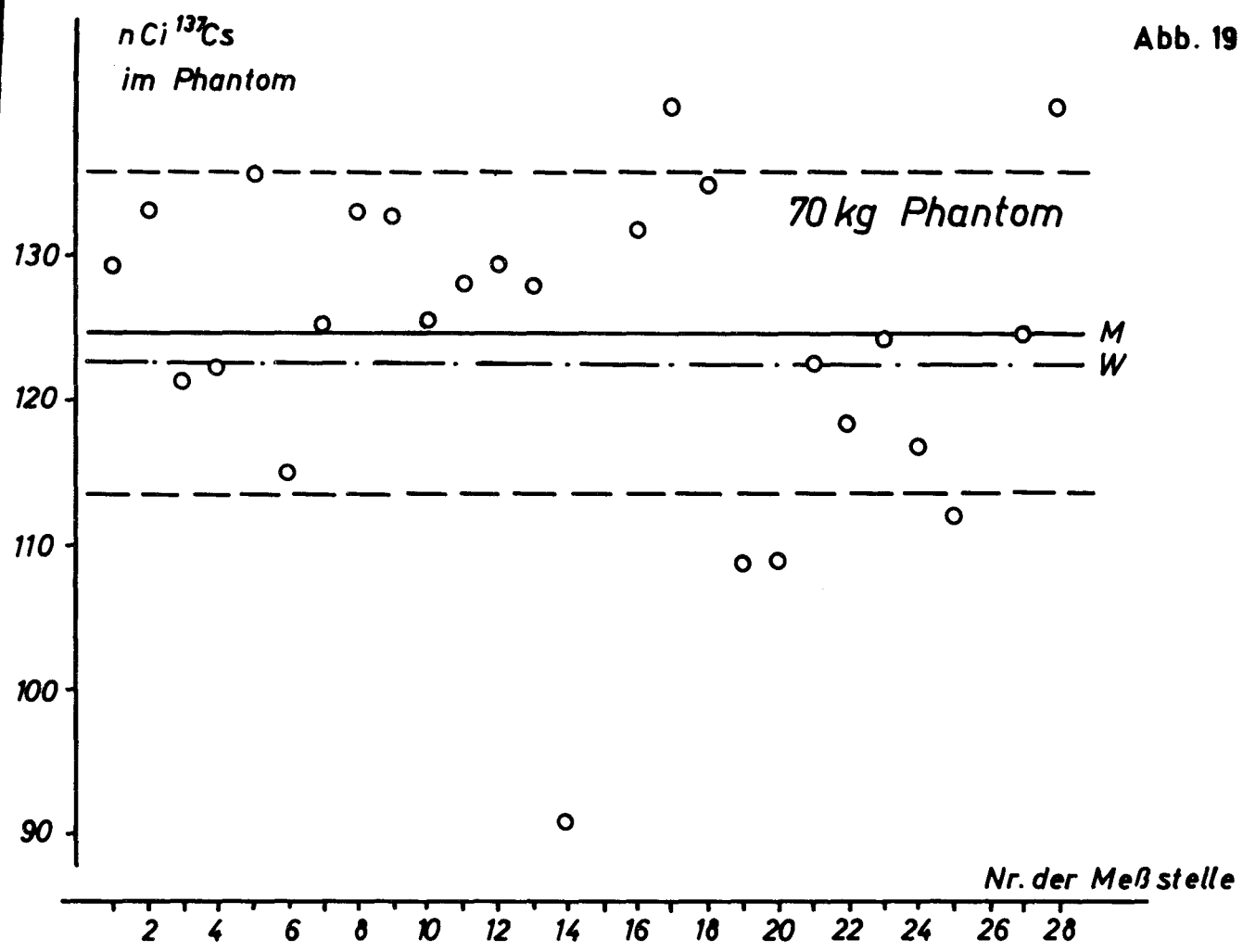
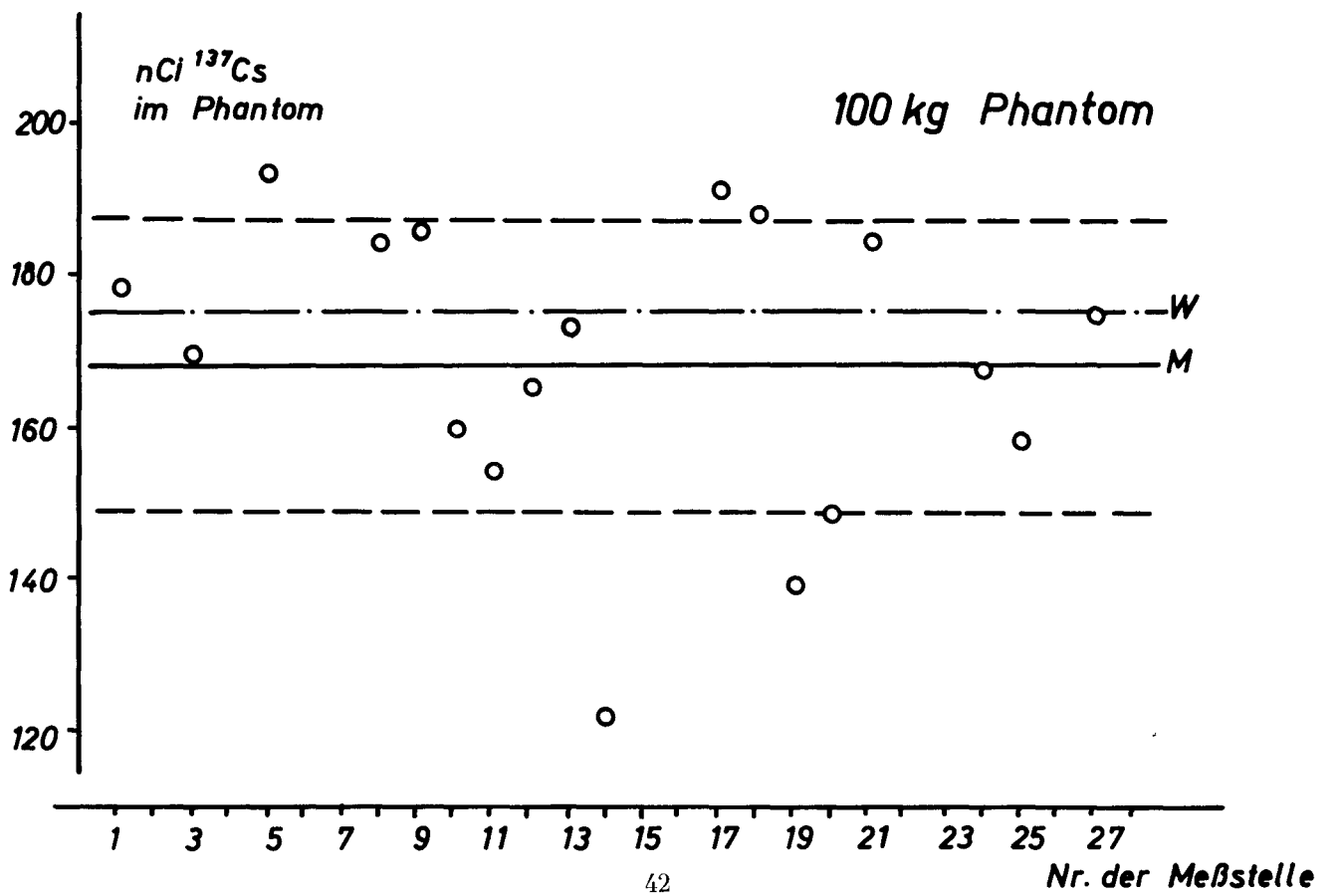
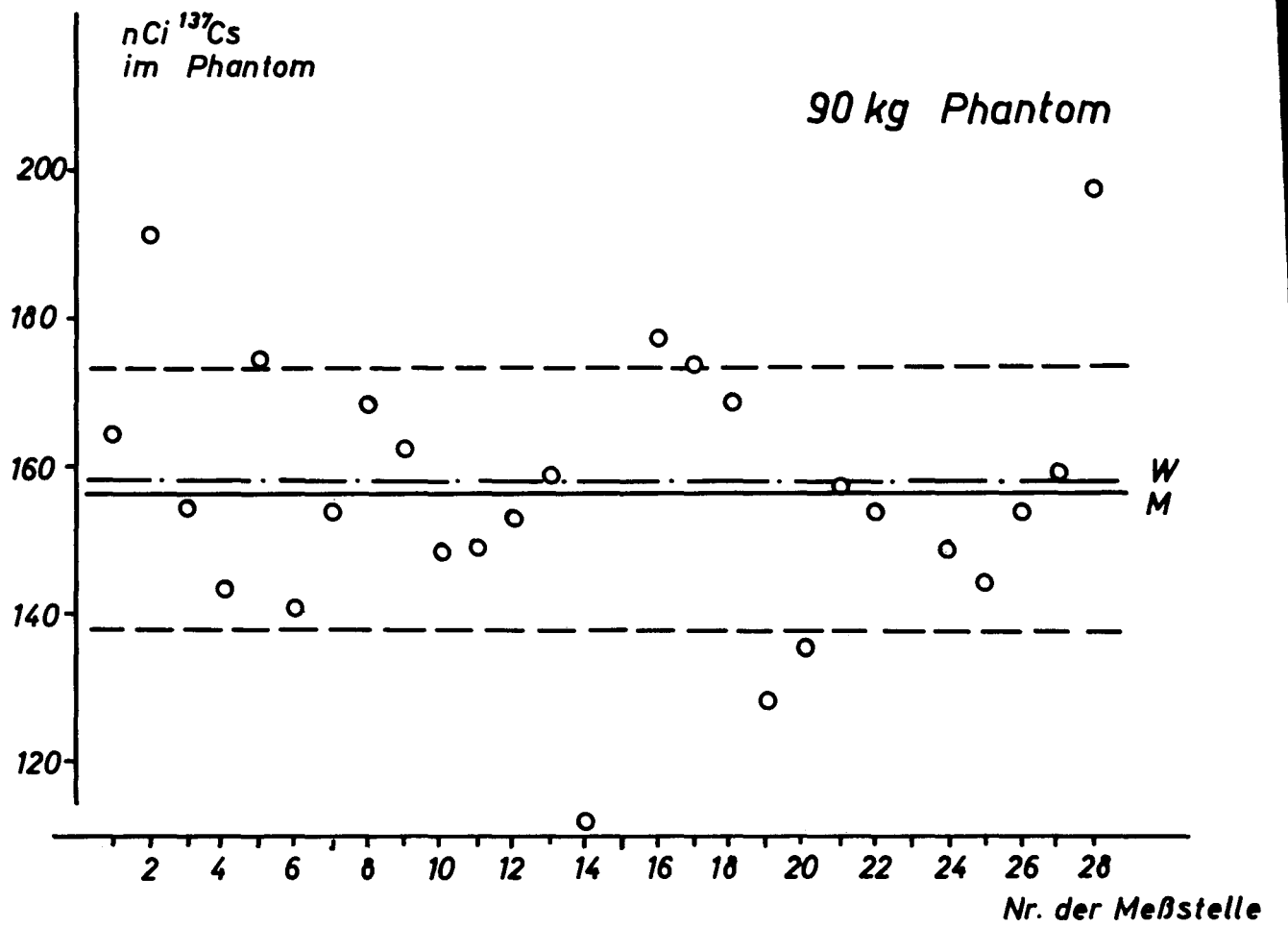


Abb. 19



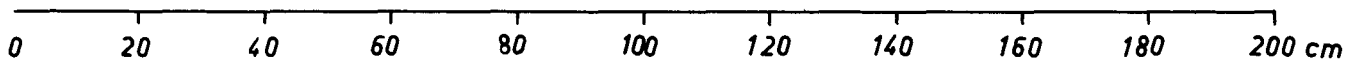
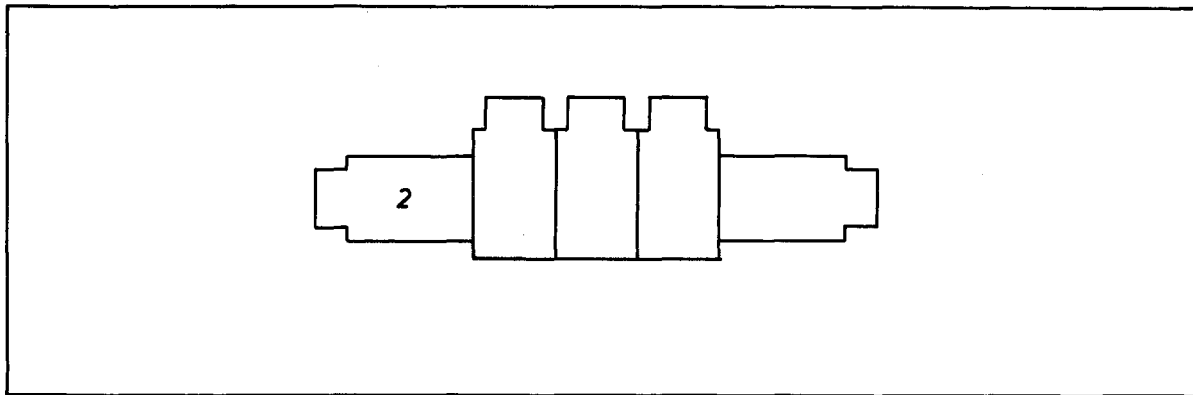


ANHANG I

Zusammenstellung der beim Kalibrierungsvergleich mit Phantomen
verwendeten Körperrnachbildungen

10 kg Phantom

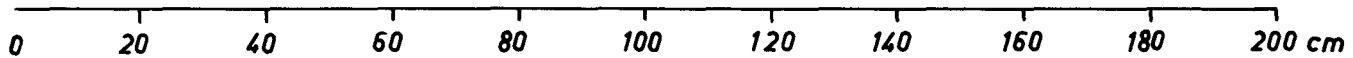
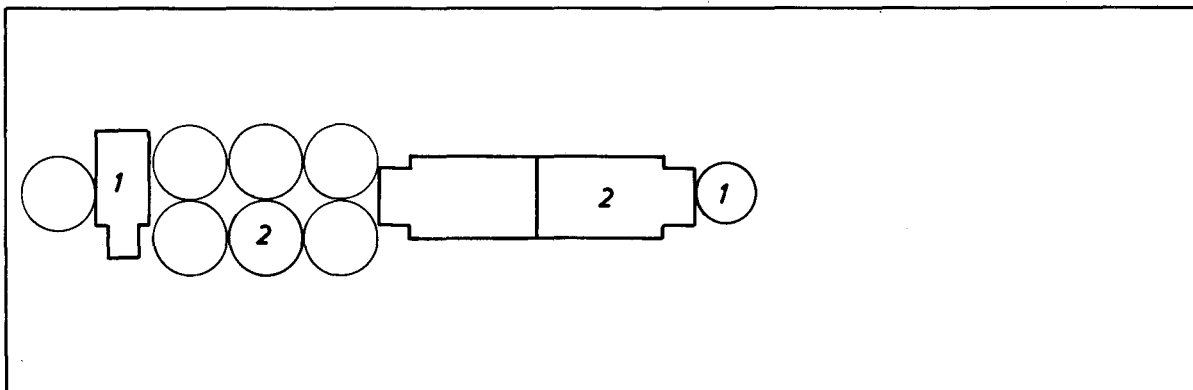
Phantomlänge: ca. 90 cm



2 = 2 Liter - Kautex - Flasche

20 kg Phantom

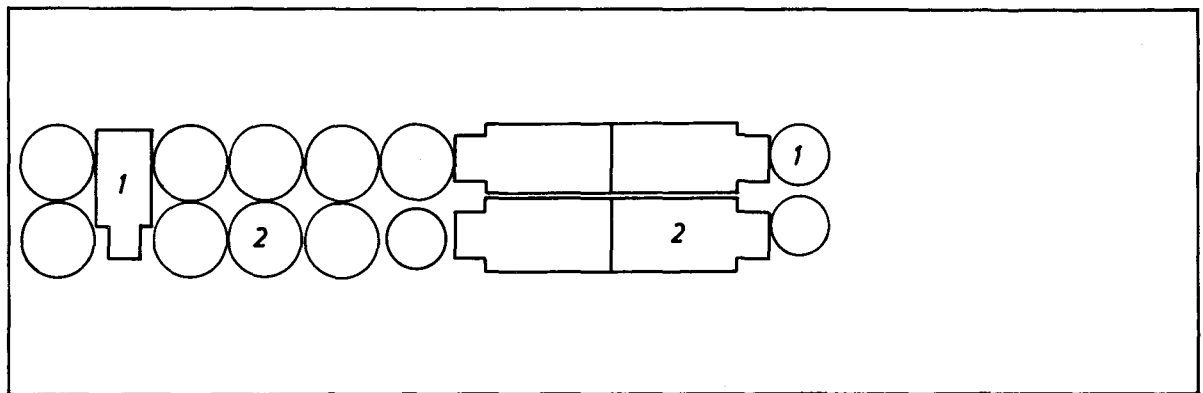
Phantomlänge: ca. 115 cm



1 = 1 Liter - Kautex - Flasche, 2 = 2 Liter - Kautex Flasche

30 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 130 cm

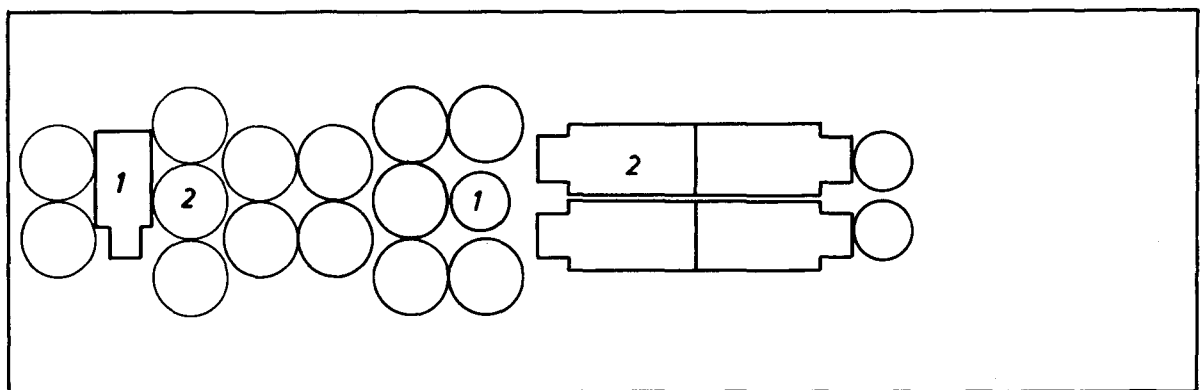


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter - Kautex - Flasche , 2 = 2 Liter - Kautex - Flasche

40 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 140 cm

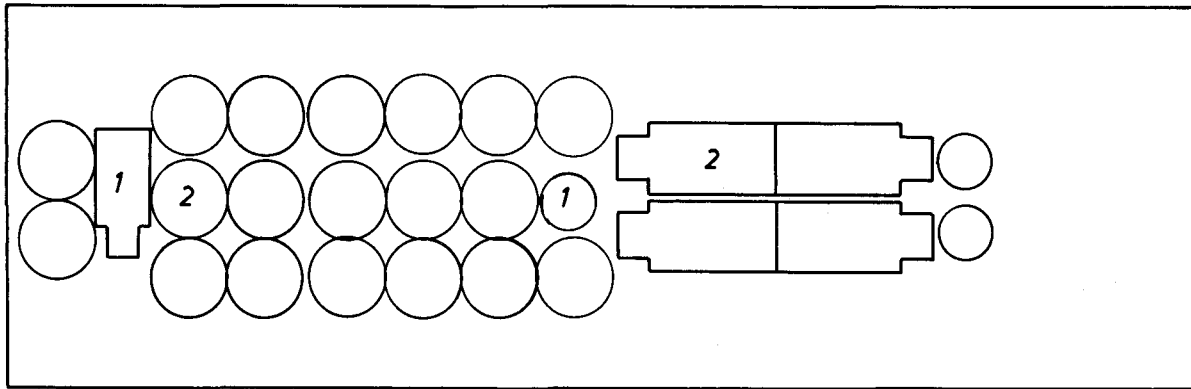


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter - Kautex - Flasche 2 = 2 Liter - Kautex - Flasche

50 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 155 cm

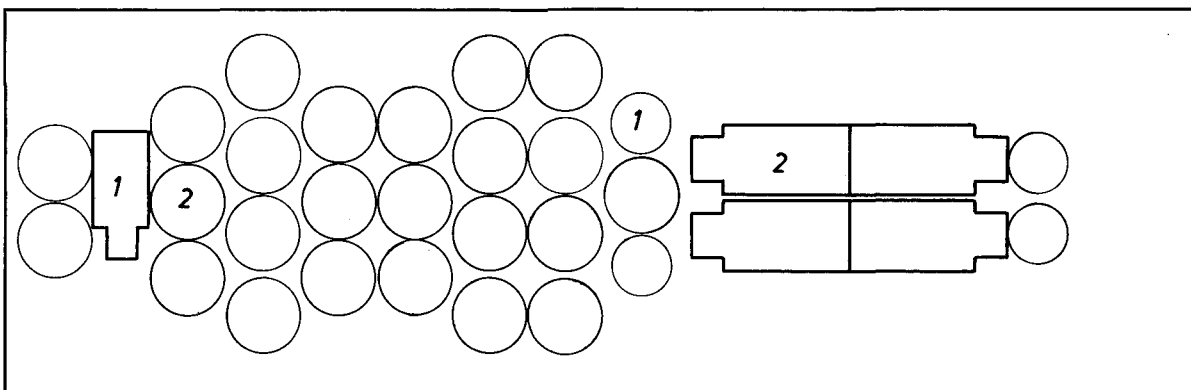


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter - Kautex - Flasche 2 = 2 Liter - Kautex - Flasche

61 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 165 cm

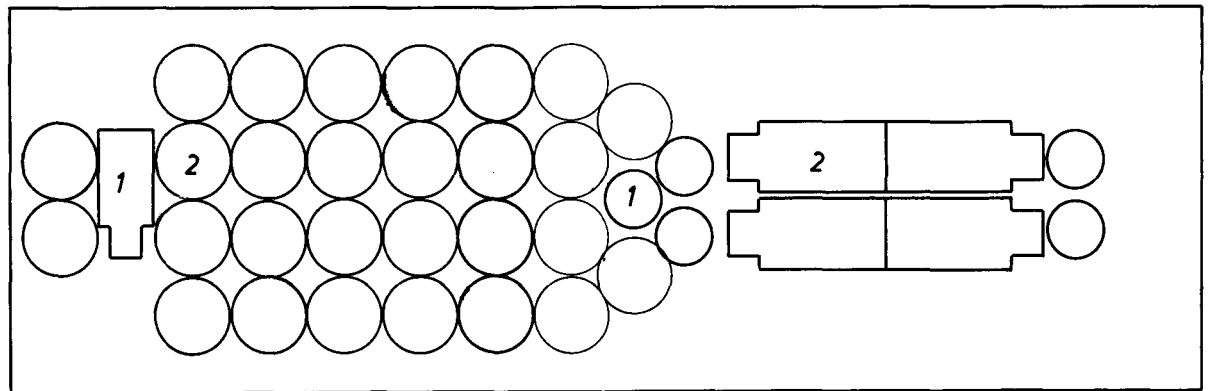


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter - Kautex - Flasche 2 = 2 Liter - Kautex - Flasche

70 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 170 cm

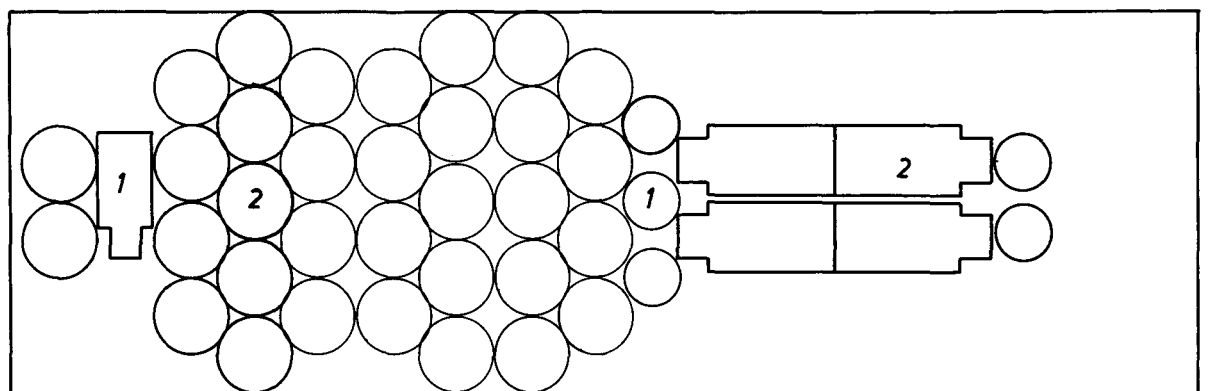


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter-Kautex-Flasche 2 = 2 Liter-Kautex-Flasche

80 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 165 cm

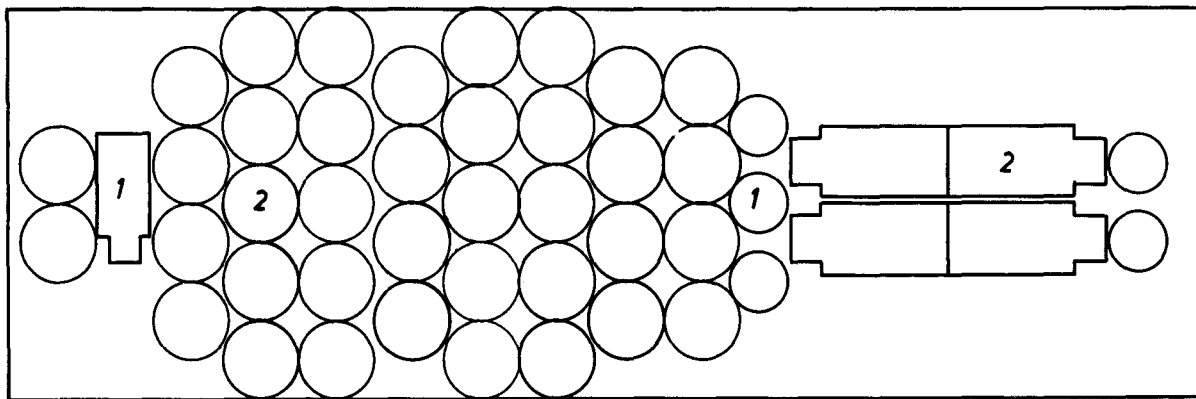


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter-Kautex-Flasche 2 = 2 Liter-Kautex-Flasche

90 kg Phantom

Phantomlänge: ca. 180 cm

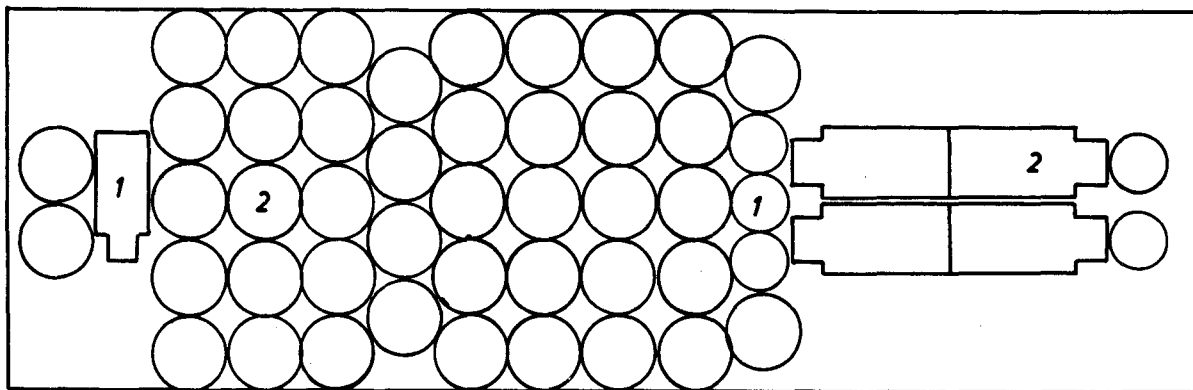


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter-Kautex-Flasche, 2 = 2 Liter-Kautex-Flasche

100 kg Phantom

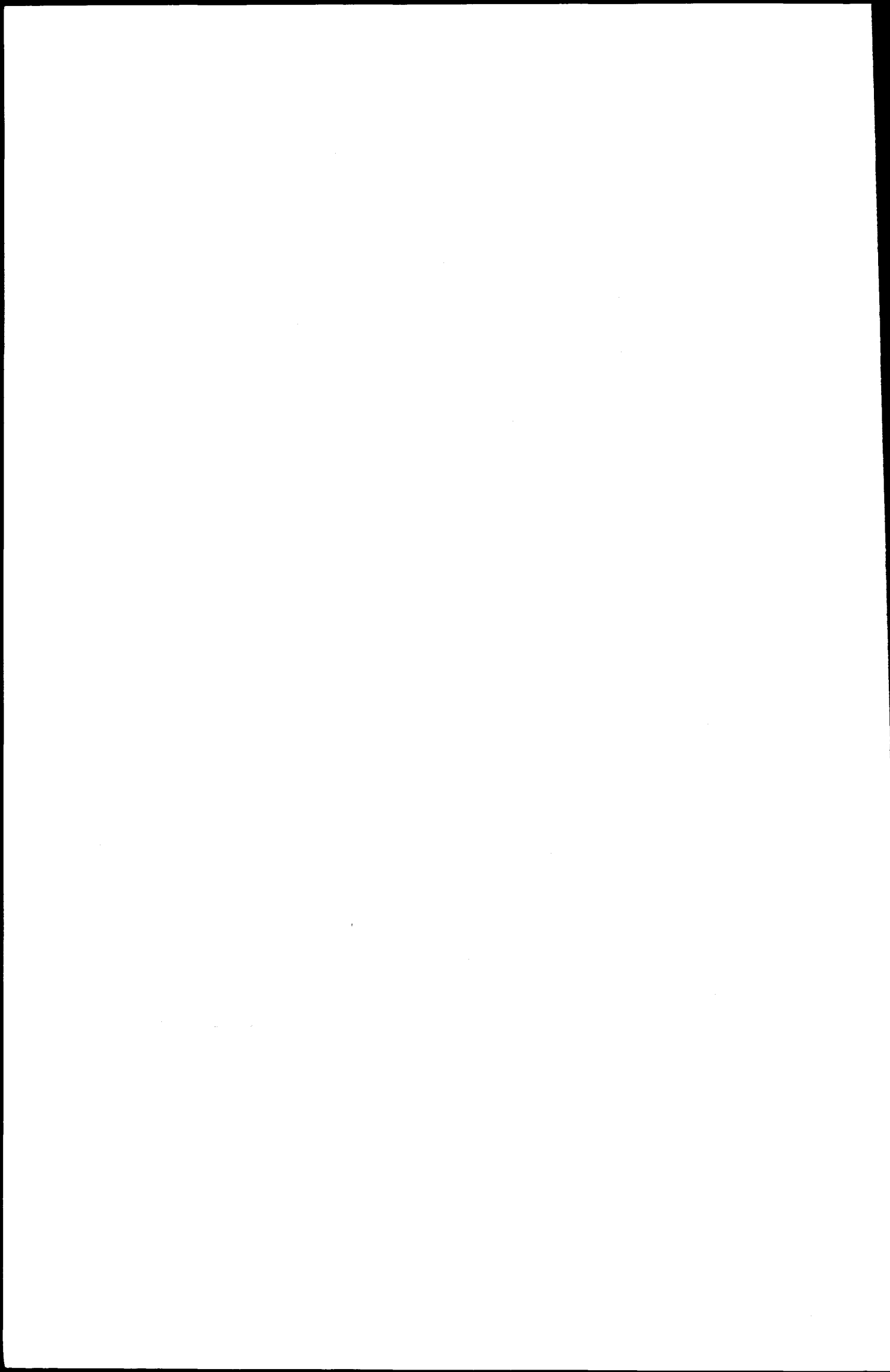
Phantomlänge: ca. 180 cm



0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 cm

1 = 1 Liter - Kautex - Flasche

2 = 2 Liter - Kautex - Flasche



ANLAGE II

Name und Anschrift der Experten

DEUTSCHLAND (BR)

BALZ, Dr.G.	Zentrales Strahleninstitut der Städt. Krankenanstalten Nürnberg 85 Nürnberg	1 (1)
BOEHNE, A.	Gesellschaft für Strahlenforschung Institut für Strahlenschutz 8701 Neuherberg/München	2
ERLENBACH, Dr.H.	Strahlenmeßstelle der Gewerbeaufsicht des Landes Nordrhein-Westfalen 4 Düsseldorf Haroldstraße 17	1, 2
GOTTSCHESKI, J.	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Abt. Strahlenschutz und Strahlenbelastung 1 Berlin 33 Corrensplatz 1	1
JAHNS, Dr.E.	Czerny-Krankenhaus für Strahlenbehandlung der Universität Heidelberg 69 Heidelberg Voßstraße 3	1
KOEPPE, Dr.P.	Freie Universität Berlin Strahleninstitut/-klinik — Meßstelle — 1 Berlin 19 Soorstraße 83	1
KUNKEL, Dr.	Institut für Biophysik der Universität des Saarlandes 665 Homburg/Saar USA Medical research, Unit number 1 Kirchberg Gebäude 3809 679 Landstuhl/Pfalz	2
OBERHAUSEN, Dr.	Institut für Biophysik der Universität des Saarlandes 665 Homburg/Saar	1
ROSE, Dr.	Kernforschungsanlage Jülich Zentralabteilung Strahlenschutz 517 Jülich Postfach 365	1, 2
SCHMIDT, A.	Kernforschungsanlage Karlsruhe Hauptabteilung Strahlenschutz 7501 Leopoldshafen/Karlsruhe	1, 2
SCHMIER, Dr.H. (Berichterstatter)	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Abt. Strahlenschutz und Strahlenbelastung 1 Berlin 33 Corrensplatz 1	1, 2
SCHNEIDER, Dr.C.	Radiologische Universitätsklinik — Strahleninstitut — 2 Hamburg-Eppendorf	1
WERNER, E.	Gesellschaft für Strahlenforschung Abteilung für Biophysik 6 Frankfurt/Main Kennedy-Allee 70	1, 2

(1) Die angegebenen Zahlen verweisen auf die folgenden Sitzungen :
1. Berlin, 13. und 14. Dezember 1967;
2. Luxemburg, 25. und 26. September 1969.

BELGIEN

COLARD, J.	Centre d'étude de l'énergie nucléaire (CEN) 2400 Mol-Donk/Belgien	1, 2
DELWAIDE, Dr.P.	Université de Liège Laboratoire de chimie médicale, toxicologie et hygiène Rue des Sonnes-Villes 1 4000 Liège (Belgien)	2

FRANKREICH

JEANMAIRE, L.	Commissariat à l'énergie atomique (CEA) Boîte postale n° 6 Fontenay-aux-Roses (France)	1, 2
MORONI, J.P.	Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI) Boîte postale n° 35-78 Le Vésinet (France)	1, 2

ITALIEN

CIGNA, Dr.A.	Laboratorio radioattività ambientale CNEN-CSN Casaccia CP 2400 Rom (Italien)	2
CLEMENTE, Dr.G.	CNEN-CSN Casaccia Rom (Italien)	1
GUILLOT, P.	Centre commun de recherche Euratom Ispra (Italien)	1, 2
TARRONI, Dr.G.	CNEN Via Mazzini 2 Bologna (Italien)	1

LUXEMBURG

KAYSER, P.	Ministère de la Santé publique Luxemburg	2
------------	---	---

NIEDERLANDE

ACKERS, Dr. J.G.	Reactor Centrum Nederland (RCN) Petten (Niederlande)	1, 2
JULIUS, Drs. H.W.jr.	TNO - Radiologische Werkgroep van de Gezondheidsorganisatie Utrechtseweg 310 Arnhem (Niederlande)	1, 2

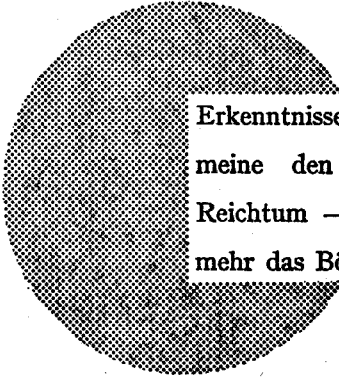
KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

SMEETS, Dr.J. (Vorsitzender)	Commission des Communautés européennes Direction de la protection sanitaire	1, 2
VAN DER STRICHT, E.	Luxemburg	1, 2

AN UNSERE LESER

Alle von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlichten wissenschaftlichen und technischen Berichte werden in der Monatszeitschrift „euro-abstracts“ angezeigt. Abonnement (1 Jahr: BF 1 025,—) und Probehefte sind erhältlich bei :

**Vertriebsstelle des Amtes für amtliche Veröffentlichungen
der Europäischen Gemeinschaften
Postfach 1003
Luxemburg 1**



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

VERTRIEBSSTELLEN

Alle von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlichten Berichte sind bei folgenden Stellen zu den auf der ersten Rückseite des Umschlags angegebenen Preisen erhältlich. Bei schriftlicher Bestellung bitte die EUR-Nummer und den Titel, die beide auf der ersten Umschlagseite jedes Berichts stehen, deutlich angeben.

AMT FÜR AMTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Case postale 1003 - Luxembourg 1
(Compte chèque postal n° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
Rue de Louvain, 40-42 - B-1000 Bruxelles
BELGISCH STAATSBAD
Leuvenseweg 40-42 - B-1000 Brussel

LUXEMBOURG

OFFICE DES
PUBLICATIONS OFFICIELLES DES
COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
Case postale 1003 - Luxembourg 1

DEUTSCHLAND

VERLAG BUNDESANZEIGER
Postfach 108 006 - D-5 Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ-
EN UITGEVERIJBEDRIJF
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
26, rue Desaix - F-75 Paris 15^e

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - I-00198 Roma

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONERY OFFICE
P.O. Box 569 - London S.E.1