

KFK-37

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

OKTOBER 1960

KFK 37

STRAHLENMESSABTEILUNG

EINFACHE ANTIKOINZIDENZANORDNUNGEN MIT ZWEI
PROPORTIONAL-DURCHFLUSSZÄHLERN ZUR BESTIMMUNG KLEINER BETA-AKTIVITÄTEN

H. FESSLER, H. KIEFER, R. MAUSHART

KERNREAKTOR
Bau- und Betriebs-Gesellschaft m. b. H.
Zentralbücherei

9. JAN. 1961



KERNREAKTOR

BAU- UND BETRIEBS-GESellschaft M. B. H.

KARLSRUHE

Einfache Antikoinzidenzanordnungen mit zwei Proportional-Durchflußzählern

zur Bestimmung kleiner Beta-Aktivitäten

Von H. Fessler, H. Kiefer und R. Maushart (Aus der Strahlenmeßabteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe)

Zusammenfassung

Es werden zwei Antikoinzidenzanordnungen zur Messung geringer β -Aktivitäten beschrieben, die sowohl als Schutzzähler wie als Meßzähler einen Gasdurchflußzähler mit gitterförmig angeordneten Zählrohren verwenden.

Bei der ersten Anlage wird das Präparat zwischen zwei Zählern mit je 300 cm² wirksamer Zählfläche gebracht und kann wahlweise in 2π - oder 4π -Geometrie ausgemessen werden.

Bei der zweiten Anlage befindet sich das Präparat bei gleichem Schutzzähler unter einem etwas kleineren Meßzähler. Sein Zählgitter kann auf einfache Weise ausgewechselt werden, so daß je nach Bedarf Zählflächen unterschiedlicher Größe bis zu 69 cm² möglich sind. Aus Messungen mit Zählgittern verschiedenen Durchmessers ergibt sich, daß der spezifische Nulleffekt in jedem Fall 0,1 Imp/min · cm² Zählfläche oder weniger bei einer Bleiabschirmung von insgesamt nur 100 kg beträgt.

Die günstigsten Zählgittergrößen für Meßpräparate verschiedenen Durchmessers werden diskutiert.

Die Messung kleiner Aktivitäten erfordert besondere Zählarrangements, die einen hohen Wirkungsgrad mit einem geringen Nulleffekt verbinden müssen. Zur Unterdrückung des Anteils der kosmischen Strahlung am Nulleffekt ordnet man um den eigentlichen Meßzähler herum einen oder mehrere sogenannte Schutzzähler an, die mit dem Meßzähler in Antikoinzidenz geschaltet sind. Solche Niederaktivitäts-Meßanlagen werden daher häufig als Antikoinzidenzanlagen bezeichnet.

Wenn man die Leistungsfähigkeit verschiedener Antikoinzidenzanlagen vergleichen will, dann genügt es nicht, als einziges Kriterium die Nulleffekt-Impulsrate zu betrachten. Vielmehr sollten Nulleffekt und Zählerwirkungsgrad gegeneinander abgewogen werden. Da der Wirkungsgrad vor allem bei kleinflächigen Zählrohren, also gerade bei solchen mit kleinem Nulleffekt, stark davon abhängt, ob das Präparat »punktförmig« vorliegt oder auf einer mehr oder weniger großen Fläche verteilt ist, soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, wie weit für flächige Präparate die Verwendung von größeren Zählrohren trotz des absolut höheren Nulleffekts vorteilhaft ist.

Das geschieht an Hand der Ergebnisse von Versuchen mit zwei neuartigen Antikoinzidenzanlagen, von denen die eine eine Zählfläche von 300 cm², die andere — durch leicht auswechselbare Zählgitter — variable Zählflächen von 69, 28 und 7 cm² besitzt. Damit kann der Zusammenhang zwischen Nulleffekt und Wirkungsgrad der Anlage sowie der Fläche der auszumessenden Präparate ermittelt werden.

Beschreibung der Anlagen

Bei beiden Anordnungen wurden sowohl als Meßzähler wie auch als Schutzzähler Durchflußzähler mit Zählrohrzählern gewählt, die mit Methan oder Argon-Methan-Mischung im Proportionalbereich betrieben werden. Diese Zähler sind sehr flach aufgebaut, so daß sich eine günstige Abschirmgeometrie erreichen läßt. Für den Meßzähler hat man den Vorteil des hohen Wirkungsgrads eines Innenzählers. Die Zählgitter stellen eine definierte Zählfläche dar, innerhalb der praktisch jeder Punkt gleich empfindlich für einfallende Teilchen ist. Das ist besonders für den Schutzzähler wichtig, der dadurch

ein lückenloses Schild bietet. Schließlich zeigen Durchflußzähler praktisch keine Alterung und brauchen deshalb nicht ausgewechselt werden.

Für die Konstruktionsmaterialien wurde an kritischen Stellen, z. B. als Deck- und Bodenplatte des Meßzählers, ein Stahl verwendet, der vor 1945 gefertigt worden war, um die Eigenaktivität der Apparatur klein zu halten. Wie Messungen mit der fertigen Anlage zeigen, können in gewöhnlichem Messing oder Aluminium heute Spuren von Aktivität vorhanden sein, die bei einer Antikoinzidenzanlage bereits störend ins Gewicht fallen. So bringt ein handelsübliches Aluminiumprobenschälchen von 6 cm Durchmesser bis zu 3 Imp/min.

Die Anordnung mit 300 cm² Fläche (Abb. 1 und 2) besteht aus zwei gleichen fensterlosen Zählern in 4π -Anordnung. Das auszumessende Präparat wird also zwischen beide Zähler gebracht¹. Die Anlage ist mit 5 cm starkem Blei abgeschirmt. Sie dient speziell der Materialuntersuchung, d. h. der Feststellung der Eigenaktivität von Metallen, Blechen, Folien usw.

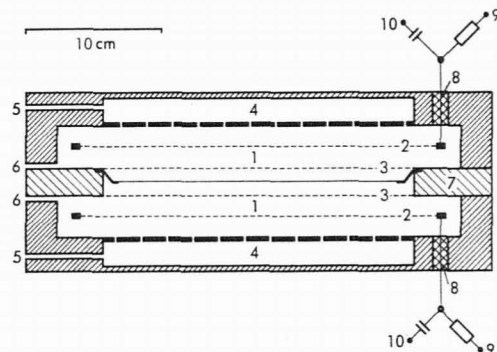


Abb. 1: Schema der 4π -Antikoinzidenzanlage

- | | |
|---------------------|---|
| 1 Zählraum | 7 Mittelschieber mit Präparatehalterung |
| 2 Zählgitter | 8 Teflonisolatoren |
| 3 Kathodengitter | 9 Hochspannungseingang |
| 4 Zählgasverteilung | 10 Impulsausgang |
| 5 Zählgaszufuhr | |
| 6 Zählgasabfuhr | |

Mit einem Schieber können Präparate bis zu 300 cm² Fläche (Materialproben, Luftstaubfilter usw.) zwischen die beiden Zähler gebracht werden. Zur besseren Abdichtung läßt sich mit einem Hebel der untere Gehäuseteil um einige Millimeter heben oder senken.

Der Nulleffekt eines 4π -Zählers, dessen beide Zählerhälften in Antikoinzidenz betrieben werden, ist vom Flächengewicht des Materials abhängig, das sich zwischen den beiden Zählern befindet. Wenn die beiden Zählerhälften miteinander in direkter Verbindung stehen (Grenzfall des Flächengewichts 0), wird jedes Teilchen durch Antikoinzidenz eliminiert, das seinen Weg durch beide Zähler nimmt. Der Nulleffekt ist dann am kleinsten (bei der beschriebenen Anlage 38 Imp/min für beide Zählerhälften zusammen). Befindet sich zwischen beiden Zählern eine Probe in sättigungsdicker Schicht, liegt der Nulleffekt am höchsten (72 Imp/min für beide Zählerhälften), weil jetzt Teilchen, die in einem Zählraum verlaufen, nicht auch in den anderen gelangen können und deshalb nicht durch Antikoinzidenz gelöscht werden. Um den Nulleffekt für diesen Fall zu bestimmen, muß man ein Material besitzen, das von Eigenaktivität frei ist. Bei geringeren Materialschichtstärken muß der Nulleffekt jeweils für das entsprechende Flächengewicht gesondert bestimmt werden. Auch der Wirkungsgrad der Meßanlage hängt von der Schichtdicke des Präparats ab, da aus dem Präparat austretende Teilchen, die an der Rückseite eines Zählers gestreut werden, durch das Präparat hindurch auch in den anderen Zähler gelangen können und so nicht erfaßt werden. Das setzt den Wirkungsgrad herunter. Die Anlage findet daher im wesentlichen zur Untersuchung der Eigenaktivität von Materialien Verwendung, die in sättigungsdicker Schicht vorliegen (Bau- und Abschirmmaterial für Strahlungsdetektoren, Antikoinzidenzanlagen, Human Counter usw.).

¹ Eine ähnliche Anlage mit kleinerer Zählfläche und Geiger-Müller-Endfensterzählrohren wird von G. W. Barendsen in A/Conf. 15/P/554 beschrieben.

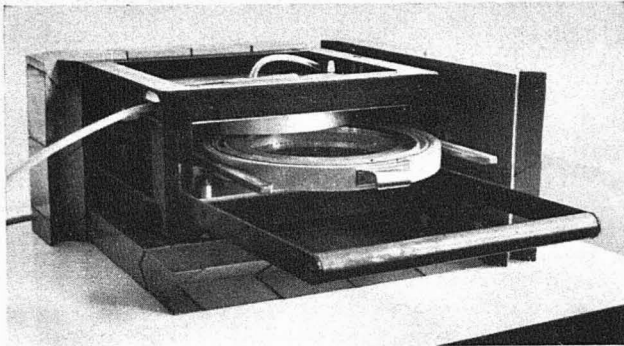


Abb. 2: Die 4 π -Antikoinzidenzanlage mit halb herausgezogenem Mittelschieber. Für die Aufnahme wurde ein Teil der Bleiabschirmung entfernt. Die im Mittelschieber sichtbaren Gitter sind die Kathodengitter des oberen und unteren Zählers. Die äußeren Abmessungen ohne Bleiabschirmung betragen 34 x 40 x 18 cm.

Für die folgenden Vergleiche mit dem zweiten Gerät wurde diese Anlage als 2 π -Zähler benutzt, wobei die beiden einzelnen Zähler durch ein Stahlblech von 3 mm Dicke voneinander abgetrennt waren.

Beim zweiten Gerät (Abb. 3, 4 und 5) — einer 2 π -Anordnung — wird ebenfalls ein Schutzzähler von 20 cm Durchmesser, aber ein kleinerer, fensterloser Meßzähler verwendet. Dessen Zählgitter sind auswechselbar bei Durchmessern zwischen 3 und 9 cm, um so je nach Probe Wirkungsgrad und Nulleffekt den Erfordernissen anpassen zu können. Proben mit max. 6 cm Durchmesser werden mit Hilfe eines Drehtellers in den Meßzähler eingeschleust. In einer der sechs Aussparungen des Drehtellers befindet sich zur Funktionskontrolle des Geräts ein fest eingebautes, verschlossenes Thallium-Präparat, das einen Zählereffekt von etwa 1000 Imp/min liefert. Die Anlage konnte so kompakt aufgebaut werden, daß die Bleiabschirmung nur etwa 100 kg wiegt. Dieses Gerät dient hauptsächlich der Messung von Niederschlägen, Nahrungsmitteln, Pflanzen oder Böden auf bestimmte Einzelisotope, wie etwa ⁹⁰Sr, die zuvor mit radiochemischen Methoden abgetrennt wurden.

Der elektrische Teil der Anlagen wurde mit kommerziellen Geräten aufgebaut².

Ergebnisse

In Abb. 6a bis 6d ist für die beiden Anlagen und für mehrere Zählgitter der Plateauverlauf für Präparate verschiedenen

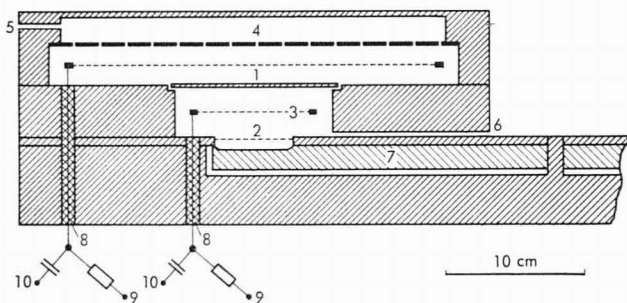


Abb. 3: Schema der 2 π -Antikoinzidenzanlage mit auswechselbaren Zählgittern.

- | | |
|------------------------------|--|
| 1 Schutzzähler | 7 Drehteller mit 6 Aussparungen für Präparate bis zu 6 cm ϕ |
| 2 Meßzähler | 8 Teflonisolatoren |
| 3 Auswechselbares Zählgitter | 9 Hochspannungseingang |
| 4 Zählgasverteilung | 10 Impulsausgang |
| 5 Zählgaszufuß | |
| 6 Zählgasabfluß | |

Das Zählgas durchströmt nacheinander den Schutz- und den Meßzähler. Jeweils zwei Präparate befinden sich in Vorspülkammern. Der Schutzzähler kann als Ganzes abgenommen werden, so daß das Zählgitter des Meßzählers freiliegt.

² Verstärker und Hochspannung: Firma Münchener Apparatebau GmbH, Dr. Ing. H. Kimmel, München; Antikoinzidenzstufen: Firma Elektro-Spezial GmbH., Hamburg

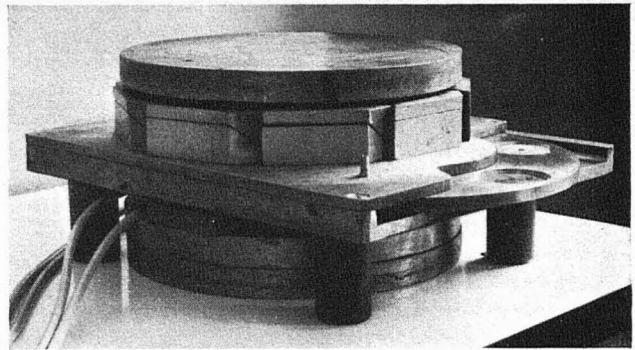


Abb. 4: Die 2 π -Antikoinzidenzanlage mit der gesamten Bleiabschirmung von etwa 100 kg Gewicht. In der hinteren sichtbaren Aussparung des Drehtellers befindet sich das Kontrollpräparat. Der Durchmesser der oberen Bleiplatte beträgt 36 cm, die Höhe der ganzen Anlage einschließlich Abschirmung 22 cm.

Durchmessers, der Nulleffekt ohne Antikoinzidenz und der Nulleffekt mit Antikoinzidenz in Abhängigkeit von der angelegten Spannung aufgetragen. Man sieht allgemein, daß der Nulleffekt, wie das bei Proportionalzählern der Fall ist, auch im Arbeitsbereich stark von der angelegten Spannung abhängt. Der Nulleffekt allein sagt daher noch nichts aus, wenn nicht gleichzeitig die Lage des dazugehörigen Arbeitspunktes im Plateau betrachtet wird.



Abb. 5: Die geöffnete 2 π -Antikoinzidenzanlage. In der Mitte der Grundplatte ist der Meßzähler mit dem 28 cm²-Zählgitter und dem darunterliegenden Kathodengitter sichtbar. Der dahinter angebrachte helle Zylinder ist die Teflon-Isolierung der Hochspannungszuführung für den Schutzzähler. Rechts der geöffnete Schutzzähler mit dem deutlich erkennbaren Zählgitter, dahinter der Schutzzählerdeckel mit dem Zählgasverteiler. Auf der hinteren Ecke der Grundplatte liegen die beiden anderen, wahlweise einsetzbaren Zählgitter. Im Vorderteil der Grundplatte der Ausblasstutzen des Zählgases.

Die Plateaus geben den Wirkungsgrad des Zählers an, da sie jeweils mit Präparaten der gleichen Aktivität von $2 \times 10^{-5} \text{ Ci}^{204}$ (auf Aluminium) aufgenommen wurden. Der Wirkungsgrad geht aus geometrischen Gründen bei flächig verteilten Präparaten gegenüber einem punktförmigen Präparat zurück. Die Wirkungsgrade für die verschiedenen Zählgitter und Präparatflächen sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die dazugehörigen spezifischen Nulleffekte (NE/cm² Zählfläche) liegen für die drei kleineren Zählgitter praktisch gleich, während für das 300 cm² Gitter die etwas ungünstigere Abschirmgeometrie eine Erhöhung um 20% bringt.

An Hand dieser Werte kann man nun überlegen, ob man bei einem Präparat, das auf einer Fläche bestimmter Größe verteilt ist, besser mit einem Zählrohr mit kleinerem Durchmesser, d. h. kleinerem Nulleffekt, dafür aber auch einem kleineren Wirkungsgrad arbeitet, oder ob man einen größeren

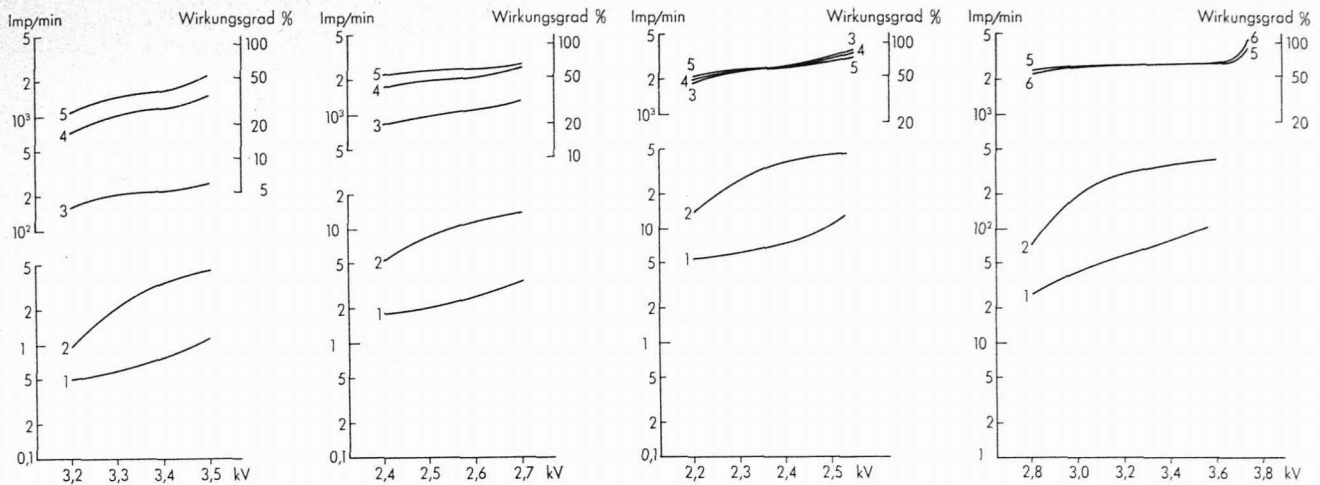


Abb. 6a—d: Plateaukurven und Nulleffekt für verschiedene Zählflächen.
 a Zählfläche 7 cm² c Zählfläche 69 cm²
 b Zählfläche 28 cm² d Zählfläche 300 cm²
 1 Nulleffekt mit Antikoinzidenz
 2 Nulleffekt ohne Antikoinzidenz
 3 Plateaukurve, aufgenommen mit einem Präparat von 28 cm² Fläche.
 4 Plateaukurve, aufgenommen mit einem Präparat von 7 cm² Fläche.
 5 Plateaukurve, aufgenommen mit einem punktförmigen Präparat.
 6 Plateaukurve, aufgenommen mit einem Präparat von 300 cm² Fläche.

Auf der Abszisse ist die Spannung am Meßzähler aufgetragen. Obwohl der Schutzzähler im Proportionalbereich betrieben wird, ist seine Antikoinzidenzwirkung und damit der Nulleffekt des Meßzählers, wie Untersuchungen ergaben, über einen relativ weiten Bereich von der am Schutzzähler anliegenden Spannung praktisch unabhängig.

Zur Plateaufaufnahme wurden als Präparate jeweils 2×10^{-9} g Tl^{204} auf Aluminiumunterlage verwendet. Aus den Plateaukurven läßt sich daher direkt der Wirkungsgrad für einen selbstabsorptionsfreien Strahler mit einer dem Tl^{204} entsprechenden β -Energie (0,76 MeV) ablesen.

Zählgitterdurchmesser mit größerem Wirkungsgrad — selbst bei größerem Nulleffekt! — einsetzt. Dazu muß man noch Annahmen über die Verteilung der Meßzeiten von Nulleffekt und Präparat machen. Im allgemeinen wird man den Nulleffekt sehr lang messen (z. B. nachts oder übers Wochenende), so daß er als genau bekannt gelten kann. Dieses Verfahren erfordert jedoch eine gute Langzeitkonstanz der Elektronik. Unter dieser Voraussetzung ist in Abb. 7 die Meßzeit bei

Tabelle 1

Zählfläche	punkt- förmig	Wirkungsgrad % (Tl^{204} auf Aluminium) Präparatfläche			Nulleffekt (Imp/min)	
		7 cm ²	28 cm ²	300 cm ²	absolut	pro cm ²
300 cm ²	58	—	—	57	36	0,12
69 cm ²	58	58	58	—	6,7	0,1
28 cm ²	58	50	25	—	2,5	0,09
7 cm ²	35	25	5	—	0,7	0,1

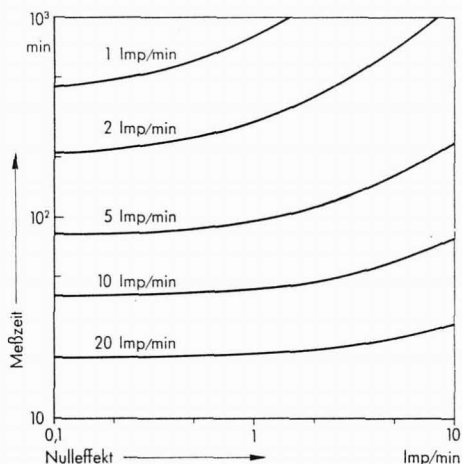


Abb. 7: Meßzeit für einen statistischen Fehler (doppelte Standardabweichung) von 10%. Den Kurven liegt die Annahme zugrunde, daß der Nulleffekt viel länger gemessen wurde als das Präparat und daher genau bekannt ist. Als Parameter sind die vom Präparat allein stammenden Impulsraten angetragen.

einem festen statistischen Fehler von 10% (95% Vertrauensgrenze) für Präparate aufgetragen, die zusätzlich zum Nulleffekt jeweils eine bestimmte Anzahl Impulse pro Minute liefern. Dabei zeigt sich, daß bei gleicher Meßgenauigkeit selbst für punktförmige, masselose Präparate das 28 cm²-Zählgitter trotz des absolut größeren Nulleffekts eine wesentlich kürzere Meßzeit ermöglicht als das 7 cm²-Zählgitter. Für Präparate von 28 cm²-Fläche ist sogar das 69 cm²-Gitter am günstigsten. Die größte Empfindlichkeit läßt sich mit der großflächigen Anlage erzielen, wenn genügend radioaktives Material zur Verfügung steht, um eine Probe von 300 cm² Fläche herstellen zu können. In 4 π -Schaltung kann man noch eine Impulsrate aus der Probe von 0,01 Imp/min cm² nachweisen. Das entspricht einer Oberflächenkontamination von rund 1 pc/100 cm².

Abschließend seien nochmals die kennzeichnenden Eigenschaften der hier beschriebenen Anlagen zusammengefaßt:

1. Der im Durchfluß betriebene Großflächenzähler als Schutzzählrohr ergibt eine lückenlose Abschirmung und damit hohen Antikoinzidenzwirkungsgrad bei einfachem Aufbau und weitgehender Unabhängigkeit von lästigen Alterungserscheinungen.
2. Das ebenfalls im Durchfluß betriebene fensterlose Meßzählrohr mit wählbaren Zählgittern ermöglicht es, die Anordnung den jeweiligen Anforderungen des Präparats anzupassen. Energiearme oder in viel Substanz anfallende β -Strahler können auf größere Flächen verteilt und so infolge der reduzierten Selbstabsorption mit erhöhtem Wirkungsgrad gemessen werden.
3. Der durch Verwendung von Zählgittern besonders flache Aufbau der Zähler hat nicht nur einen an sich schon geringen Eigennulleffekt zur Folge, sondern gestattet auch eine so raumsparende Konstruktion, daß für einen spezifischen Nulleffekt von weniger als 0,1 Imp/min · cm² der Zählfläche nur 100 kg Bleiabschirmung benötigt werden.

Unserer Mitarbeiterin Fräulein D. Coste haben wir für ihre sorgfältigen Messungen, unserem Mitarbeiter Herrn R. Becker für seine ausgezeichnete Arbeit beim Bau der Anlagen zu danken.