

Konstruktion und Aufbau einer Streukammer mit
gleitender Abdichtung für das Q-CLAM Spektrometer am
neuen supraleitenden Darmstädter
Elektronen-Linearbeschleuniger S-DALINAC

DIPLOMARBEIT

von

Michael Waldemar Kuss

Institut für Kernphysik
Technische Hochschule Darmstadt

März 1990

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	
1	Einleitung 1
2	Physikalische Grundlagen 3
3	Beschreibung der Streukammer 5
3.1	Abmessungen 5
3.2	Flanschanschlüsse 7
3.3	Isolation 10
4	Das „Sliding Seal“ 12
4.1	Beschreibung 12
4.2	Alternativen zum „Sliding Seal“ 14
5	Flansch zum Spektrometer 17
5.1	Beschreibung der Tüte 17
5.2	Verbindung von „Sliding Seal“ und Tüte 18
6	Lagerung des „Sliding Seal“ 20
6.1	Dichtung 20
6.2	Lagerung 20
6.3	Führung 22
6.4	Aufrollmechanismus des „Sliding Seal“ 24
7	Aufstellung und Justierung der Streukammer 26
7.1	Unterbau 26
7.2	Justierung der Streukammer 27
8	Die Aufstreuung des Strahls beim Durchgang durch das Target 30
Anhang A	Die MAXIMO-Triebfedern 33
Anhang B	Konstruieren mit AutoCAD 34
Anhang C	Konstruktionszeichnungen 38

Zusammenfassung

Für das Q-CLAM Spektrometer am neuen supraleitenden Darmstädter Elektronen-Linearbeschleuniger S-DALINAC wurde eine Streukammer mit gleitender Abdichtung konstruiert. Diese Abdichtung, „Sliding Seal“ genannt, erlaubt im Winkelbereich von $\theta = 25^\circ - 90^\circ$ eine kontinuierliche Stellung des Spektrometers relativ zur Strahlachse. Der große vom Spektrometer erfassbare Raumwinkel von 31.4 msr bedingt einen Durchbruch mit einer Höhe von 80 mm (bei einer Breite von 426 mm) in der Wand der Streukammer. Bei einer so großen Stützweite kann ein „Sliding Seal“, das nur aus einem dünnen Stahlband besteht, nicht als Abdichtung verwendet werden. Durch aufgeklebte Stützstreben konnte aber das Stahlblech so versteift werden, daß auch das Abdichten von Öffnungen mit so großen Stützweiten möglich wird.

Eine Lagerung des „Sliding Seal“ auf zwei die Streukammer umlaufenden Drahtkugellagern ermöglicht ein Fahren des Spektrometers unter Beibehaltung des in der Kammer herrschenden Vakuums von 10^{-6} mbar. Da diese Lager auch den größten Teil der Last des auf das „Sliding Seal“ wirkenden Luftdrucks aufnehmen, ist die Reibungskraft zwischen Seal und Dichtring stark vermindert.

Bei Spektrometerstellungen unter Winkeln $\theta \leq 30^\circ$ läuft das Strahlrohr hinter der Streukammer zum Teil in einem in dem Rückflußjoch des Quadrupols befindlichen Spalt. Es mußte deshalb ein Mechanismus entwickelt werden, der das „Sliding Seal“ in dem geringen verfügbaren Raum zwischen Quadrupol, Strahlrohr, Streukammer und Anschluß zum Spektrometer eng auf eine Achse aufrollt.

1 Einleitung

Am Institut für Kernphysik der THD werden seit 1962 Elektronenstreuexperimente mit hochenergetischen Elektronen durchgeführt. Der hierfür benutzte Beschleuniger [1] DALINAC (Darmstadt Linear Accelerator) lieferte einen gepulsten Elektronenstrahl mit Energien $E_0 = 20\text{--}70\text{ MeV}$ bei mittleren Strahlströmen zwischen 4 und $30\ \mu\text{A}$, je nach gewählter Energie. Die durchgeführten Einarmexperimente (e, e') haben die bestehenden Kenntnisse über den Aufbau der Atomkerne enorm erweitert, so wurden an dieser Anlage die elektrischen Multipolriesenresonanzen und die orbitalen M1 Anregungen entdeckt.

Weitergehende Informationen liefern jedoch nur Koinzidenzexperimente der Form ($e, e'x$), bei denen gleichzeitig mit dem gestreuten Elektron ein emittiertes Teilchen (Proton, Neutron, Deuteron, α -Teilchen) nachgewiesen wird. Für diese Art von Experimenten wird aber ein Dauerstrich-Beschleuniger (continuous wave, kurz cw) benötigt. Deshalb wurde 1982 mit dem Bau des neuen supraleitenden Beschleunigers S-DALINAC (Superconducting Darmstadt Linear Accelerator) begonnen [2]. Dieser wird eine maximale Strahlenergie $E_0 = 130\text{ MeV}$ haben, bei einer Energieunschärfe $\Delta E/E = 10^{-4}$ und einen Strahlstrom von $20\ \mu\text{A}$.

Im Rahmen dieses Projektes wurden die Planung und der Aufbau eines neuen Experimentierplatzes notwendig. Er besteht aus einem Q-CLAM Spektrometer [3] mit großem Raumwinkel zur Impulsanalyse und einer Vieldrahtkammer [4-6] zum Nachweis der Elektronen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Konstruktion und dem Aufbau der Streukammer für dieses Spektrometer. Das Spektrometer sollte an die Kammer über einen Flansch angeschlossen werden, der Messungen mit einem Raumwinkel von 31.4 msr , beliebige Spektrometerstellungen innerhalb des Streuwinkelbereichs von $25^\circ\text{--}90^\circ$ sowie eine Änderung des Winkels unter Beibehaltung des in der Kammer herrschenden Vakuums von 10^{-6} mbar erlaubt. Eine gleitende Abdichtung, „Sliding Seal“ genannt, erfüllt diese Anforderungen und wurde im Rahmen dieser Arbeit entwickelt und angefertigt.

In Kap. 2 werden kurz die Experimente, die am DALINAC durchgeführt wurden, mit den am S-DALINAC geplanten Untersuchungen verglichen, um die physikalischen Parameter zu verdeutlichen, die zum vorliegenden Design der Streukammer geführt haben. Die Beschreibung der Streukammer selbst steht in Kap. 3. Das „Sliding Seal“ wird in Kap. 4 vorgestellt. Dem Übergang zur Vakuumkammer des Spektrometers, der Tüte, ist ein eigenes Kapitel, Kap. 5, gewidmet, da an ihn auf Grund der Positionsungenauigkeiten des Spektrometers beim Fahren besondere Anforderungen gestellt werden müssen. Auf die spezielle Form der Lagerung, Abdichtung und Führung des „Sliding Seal“ wird in Kap. 6 näher eingegangen.

Die Drehachse des Spektrometers und die Symmetrieachse der Streukammer, die mit der Achse der in Ref. [7] beschriebenen Targetleiter identisch ist, müssen übereinstimmen. Die Streukammer befindet sich deshalb über der Drehlagerung des Spektrometers. Eine Beschreibung dieses Unterbaues und der Justierung der Streukammer steht

in Kap. 7.

In Kap. 8 wird die Aufstreuung des Elektronenstrahls beim Durchgang durch das Target abgeschätzt. Die Größenordnung dieser Strahlaufstreuung bestimmt die Abmessungen des Strahlrohrs zwischen der Kammer und dem ca. 5 m entfernten Faraday-Cup. Im Anhang finden sich die Konstruktionszeichnungen der Kammer sowie eine kurze Beschreibung des CAD-Programms AutoCAD, mit dem sämtliche im Rahmen dieser Arbeit notwendigen technischen Zeichnungen erstellt wurden.

2 Physikalische Grundlagen

Viele Informationen über den Aufbau der Atomkerne werden aus Experimenten, im folgenden Einarmexperimente genannt, gewonnen, bei denen lediglich das am Kern gestreute Elektron in Abhängigkeit vom Streuwinkel nachgewiesen wird. Diese Winkelverteilung wird durch den differentiellen Wirkungsquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta)$ gegeben, er kann für ein punktförmiges Streuzentrum berechnet werden ($(\frac{d\sigma}{d\Omega})_{\text{Mott}}$). Der sogenannte Formfaktor beschreibt die Abweichung des Wirkungsquerschnitts vom Mott-Wirkungsquerschnitt

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Mott}} \cdot F^2(q), \quad (2.1)$$

wobei

$$q = |\vec{p} - \vec{p}'| = 2p \sin \theta/2 \quad (2.2)$$

der Impulsübertrag ist (\vec{p} ist der Impuls und θ der Streuwinkel).

Die Abhängigkeit des Formfaktors vom Impulsübertrag ist charakteristisch für einen bestimmten Übergang zwischen zwei Kernniveaus, im Fall der Elektronenstreuung erfolgt die Anregung eines Niveaus aus dem Grundzustand des Kerns. Durch die Bestimmung des Wirkungsquerschnitts für eine Anregung bei verschiedenen Impulsüberträgen läßt sich eine Aussage über die Natur des angeregten Zustands machen. Damit erhält man ein Instrument zur Überprüfung verschiedener Kernmodelle.

Der Impulsübertrag (siehe Gl. (2.2)) kann experimentell sowohl durch Variation des Streuwinkels als auch durch Änderung der Einschußenergie der Elektronen ($p \approx E/c$ für relativistische Teilchen) eingestellt werden. Dem Experiment ist jedoch nur ein bestimmter Bereich von Impulsüberträgen zugänglich, z.B. wird bei Einarmexperimenten nur unter großen Streuwinkeln gemessen, da der Bremsstrahlungsuntergrund zu kleineren hin stark ansteigt, was zu einem schlechten Signal-zu-Untergrund Verhältnis führt.

Bei Koinzidenzexperimenten der Form ($e, e'x$) wird dagegen zusätzlich zum gestreuten Elektron ein emittiertes Teilchen nachgewiesen. Bei den am S-DALINAC geplanten Experimenten stammt dieses Teilchen aus Anregungen im Bereich der Riesenresonanzen. Ein großer Vorteil des Nachweises eines anderen Teilchens in Koinzidenz ist das Ausschließen des elastischen Bremsstrahlungsuntergrundes.

Die Nachweiswahrscheinlichkeit für einen solchen Prozeß ist das Produkt von zwei Einzelwahrscheinlichkeiten. Diese Einzelwahrscheinlichkeiten hängen von den Raumwinkeln der beiden Detektorsysteme und der Teilchenausbeute ab. Die Ereigniszählrate bei Koinzidenzexperimenten ist um einen Faktor 100-1000 niedriger als bei Einarmexperimenten.

Um eine höhere Zählrate und eine verbesserte Statistik zu erhalten, werden Koinzidenzexperimente im Gegensatz zu Einarmexperimenten unter kleinen Streuwinkeln durchgeführt. Die Koinzidenzbedingung unterdrückt den bei Einarmexperimenten

störenden Bremsstrahlungsuntergrund. Hierbei muß aber berücksichtigt werden, daß das Nachweissystem der Elektronen, in unserem Fall aus Vieldrahtkammern bestehend, nicht nur die gewünschten Ereignisse registriert, sondern auch die zufälligen Koinzidenzen zwischen z.B. elastisch gestreuten Elektronen und Hadronen unterdrücken soll. Diese sind dem Quadrat des Stroms proportional, während die Zählrate der koinzidenten Ereignisse linear mit dem Strom geht. Linearbeschleuniger mit einem gepulsten Elektronenstrahl sind deswegen zur Durchführung von Koinzidenzexperimenten ungeeignet, da sie während der kurzen Strahlpulse (μs) hohe Strahlströme (mA) liefern. Deshalb war die Entwicklung und der Aufbau des neuen, einen (quasi-) kontinuierlichen Strahl liefernden Beschleunigers unabdingbar notwendig, zur Durchführung der vorgesehenen Experimente.

Ein Weg, um insgesamt eine höhere Zählrate zu erhalten, liegt in der Verwendung von Detektoren, die einen größeren Raumwinkel der nachzuweisenden Teilchen erfassen können. Das entwickelte Q-CLAM Spektrometer zur Impulsanalyse der Elektronen besitzt einen Raumwinkel von 31.4 msr. Im Gegensatz dazu konnte das 169°-Spektrometer, an dem die Einarmexperimente durchgeführt wurden, lediglich einen von 5 msr [1] erfassen.

Ein möglichst geringer Abstand Target-Magnetspektrometer führt ebenfalls zu einer höheren Zählrate auf Grund des größeren Raumwinkels. Der minimale Abstand wird durch die Abmessungen der Streukammer bestimmt. Im vorliegenden Fall beträgt der Abstand Target-effektive Feldkante des Quadrupols 400 mm.

Die emittierten Hadronen (p,d, α ...) können mittels Halbleiterzählern, Gasdetektoren oder auch Szintillatoren nachgewiesen werden, im vorliegenden Fall werden Halbleiterzähler verwendet. Diese müssen im Vakuum, also innerhalb der Streukammer stehen, da Hadronen im in Frage kommenden Energiebereich in Luft nur über eine Reichweite von wenigen cm verfügen. Sie befinden sich also in unmittelbarer Targetnähe.

3 Beschreibung der Streukammer

3.1 Abmessungen

Die Abb. 3.1 zeigt die Streukammer vom Spektrometer her gesehen, die Abb. 3.2 gibt die zugehörige Aufsicht.

Der Außendurchmesser der Streukammer beträgt 634 mm, die Höhe 552 mm. Diese Maße wurden auf Grund folgender Bedingungen festgelegt. Eine Mindestgröße wird durch die Abmessungen des Goniometers [8] gegeben, das von der Streukammer aufgenommen werden muß. Auf dieses Goniometer werden die zum Nachweis der Hadronen verwendeten Halbleiterzähler montiert. Auf der anderen Seite wird eine möglichst hohe Zählrate gefordert. Man strebt daher einen möglichst geringen Abstand Target-Magnetspektrometer an, um einen großen Raumwinkel der gestreuten Elektronen zu

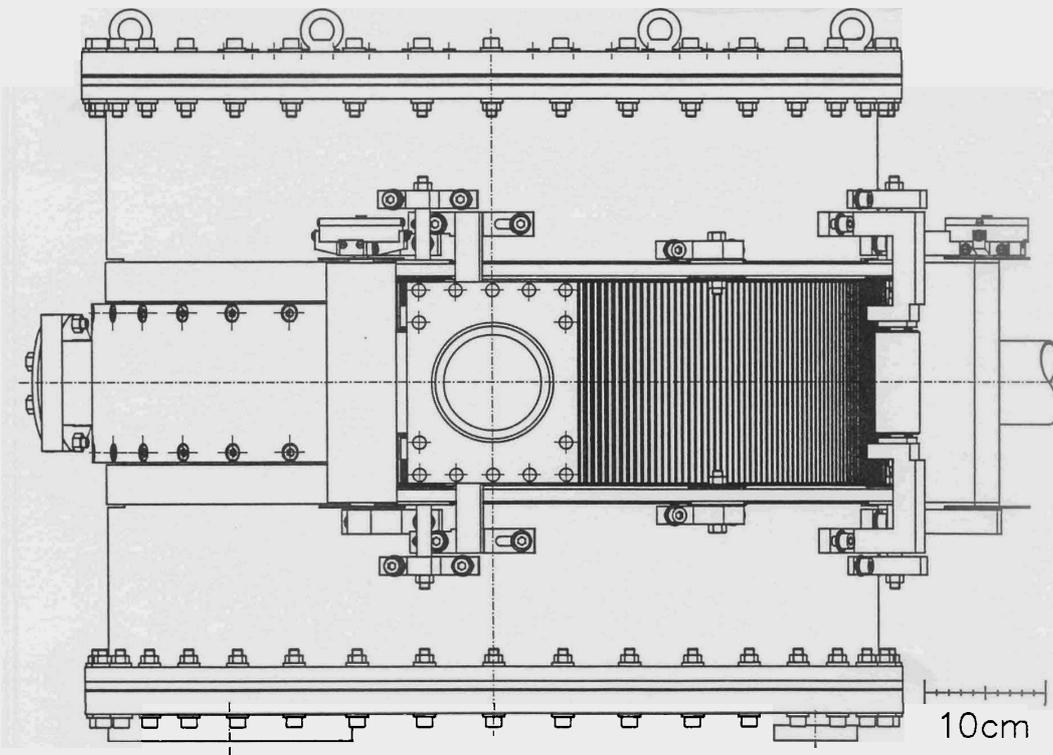


Abb. 3.1: Seitenansicht der Streukammer vom Spektrometer her, das über den in der Bildmitte sichtbaren Flansch angeschlossen wird. Der für die Koinzidenzexperimente benutzte Durchbruch in der Wand ist durch das „Sliding Seal“ abgedeckt, das in Kap. 4 beschrieben wird. Deckel und Bodenplatte der Streukammer sind mit dem Torus durch je 36 M8 Zylinderkopfschrauben verbunden.

erfassen. Als grundlegender Parameter beim Design des Spektrometers wurde ein Targetabstand der effektiven Feldkante des Quadrupols von 400 mm festgelegt.

Der Innendurchmesser der Streukammer wurde deshalb nur wenig größer als die Abmessungen des Goniometers gewählt, ausreichend, daß dieses, durch sechs M5 Stiftschrauben am Streukammerdeckel hängend montiert, mitsamt diesem problemlos ein- und auszubauen ist. Diese Vorrichtung ist in den Abb. 3.1 und 3.2 nicht eingezeichnet.

Die Wandstärke der Streukammer beträgt 25 mm. Die zur Detektion der Hadronen

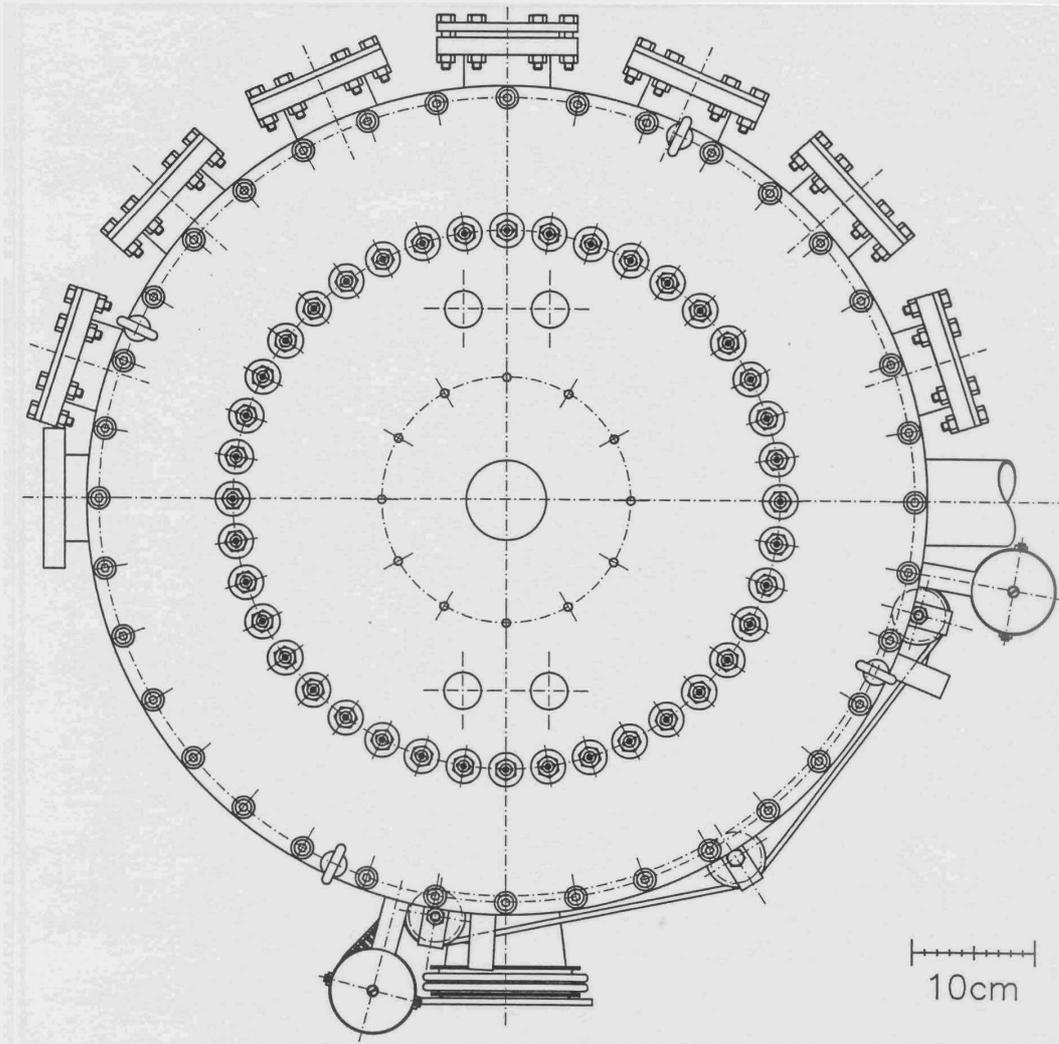


Abb. 3.2: Aufsicht auf die Streukammer. Im Deckel befinden sich 40 koaxiale einpolige BNC-Durchführungen sowie vier zehnpolige LEMO-Stecker. Die Targetleiter wird mittels zwölf M8 Zylinderkopfschrauben aufgeschraubt.

dienenden Zähler sind als Halbleiterzählerteleskop ausgeführt, bestehend aus zwei Halbleiterzählern (ΔE -E Zähler). Der erste Zähler ist so dünn, daß das Teilchen ihn durchdringen kann, während es im zweiten gestoppt wird. Die Summe der in beiden Zählern deponierten Energie ist die Gesamtenergie des Teilchens, während über den spezifischen Energieverlust, der sich aus dem Energieverlust im (dünnen) ΔE -Zähler ermitteln läßt, das Teilchen identifiziert werden kann.

Diese Zählerteleskope können über zwei Zahnkränze des Goniometers unabhängig voneinander verstellt werden, so daß eine Einstellung unter jedem beliebigem Winkel möglich ist. Das Fahren erfolgt mittels Gleichstrommotoren [9]. Die Spannungsversorgung der Motoren, das Auslesen der durch Winkelschrittgeber gegebenen Winkelinformation sowie der Daten der Halbleiterzähler erfolgt durch im Streukammerdeckel befindliche Vakuumdurchführungen. Auf Grund der verschiedenen Anforderungen stehen hierfür vier zehnpolige LEMO-Stecker sowie 40 einpolige BNC-Durchführungen zur Verfügung.

Die Information, die die Halbleiterzähler liefern, sind Spannungssignale. Da diese durch ein bestehendes elektromagnetisches Feld gestört werden, muß die Streukammer aus einem unmagnetischen Material gefertigt werden. Verwendet wurde V2A-Stahl (Edelstahl 1.4571), der sich gegenüber Rein-Aluminium durch eine höhere mechanische Festigkeit und eine bessere Schweißbarkeit auszeichnet.

3.2 Flanschanschlüsse

Der Anschluß der Strahlrohre an die Streukammer erfolgt über DN 63 CF Flansche. Beschleunigerseits ist ein solcher direkt mit dem Kammertorus verschweißt, auf der dem Faraday-Cup zugewandten Seite ist jedoch kein ausreichender Platz vorhanden. Hier ist ein ca. 40 cm langes Rohr mit einem Außendurchmesser von 70 mm, das an seinem Ende einen Flansch trägt, direkt an die Streukammer angeschweißt. Die Abdichtung erfolgt durch Kupferscherdichtungen; beim Verschrauben beider Flansche schneiden zwei scharfe Kanten in einen als Dichtung fungierenden Kupferring ein.

Im Kammertorus befinden sich in der Strahlebene (als Strahlebene wird im weiteren die vom Elektronenstrahl und dem Sollstrahl der gestreuten Elektronen aufgespannte Ebene bezeichnet) insgesamt drei Öffnungen. Die Öffnungen sind in Abb. 3.3, die die Streukammer im Schnitt zeigt, dargestellt. Die Höhe der Durchbrüche beträgt 80 mm. Das Maß hierfür wurde vom halben Öffnungswinkel des vom Spektrometer erfaßbaren Kegels der gestreuten Elektronen gegeben. Er beträgt 100 mrad, was bei einem Außenradius der Kammer von 317 mm einer minimalen notwendigen Höhe von 64 mm entspricht. Sie wurde etwas größer gewählt, um eine Verschlechterung der Auflösung durch von den Rändern in das Spektrometer gestreute Elektronen zu vermeiden.

Auf der dem Spektrometer abgewandten Seite befindet sich ein breiter Durchbruch, der Messungen unter Streuwinkeln zwischen 12° und 168° erlaubt. Er ist mit einer Kappe verschlossen, in der sich zwischen 18° und 162° mit jeweils 24° Abstand sieben Flanschanschlüsse befinden.

Diese Anschlüsse ermöglichen das schnelle Anflachen verschiedener Experimentier-
vorrichtungen, so könnten z.B. Flugzeitexperimente durchgeführt werden.

Als Flanschanschlüsse wurden keine handelsüblichen CF Flansche verwendet, sondern
eigens hierfür konstruierte. In ihren Maßen entsprechen sie genormten CF Flanschen,

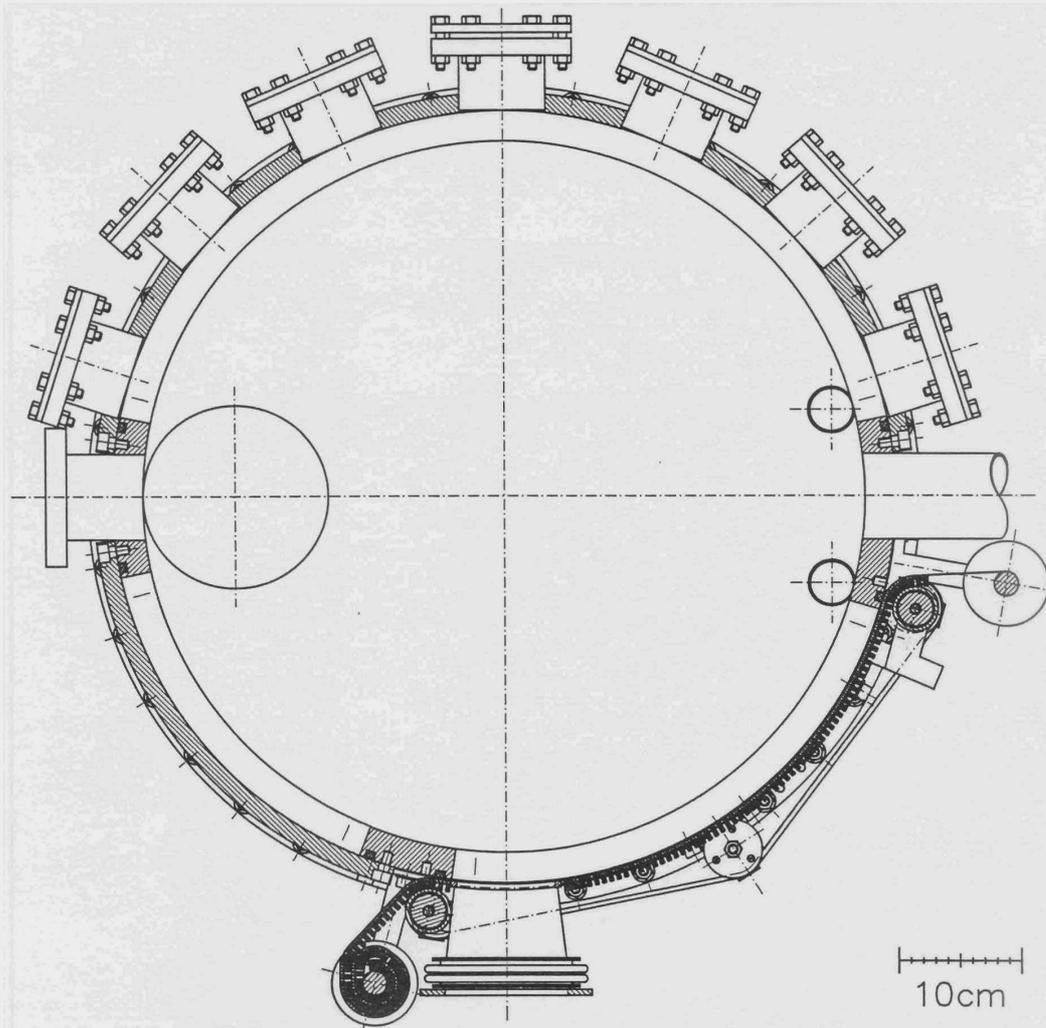


Abb. 3.3: Querschnitt durch die Streukammer in der Strahlebene. Der Anschlußflansch zum Beschleuniger befindet sich links, das Rohr zum Faraday-Cup rechts. Der breite Durchbruch (12° - 168°) ist in der Darstellung oben, der für Koinzidenzexperimente verwendete unten rechts. Man beachte die wenigen schraffierten (angeschnittenen) Teile des Kammerkorpus, sämtliches andere Material in der Strahlebene wurde durch Bohrungen oder für Durchbrüche weggenommen.

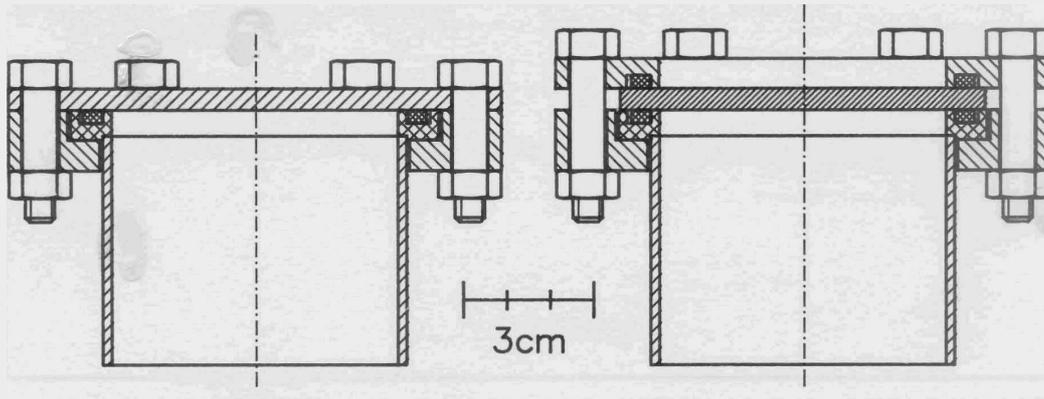


Abb. 3.4: Die verwendeten Flansche im Schnitt. Links ist der Flansch durch einen Blindflansch verschlossen, rechts durch das Sichtfenster.

an Stelle der Scherkanten sind aber O-Ring Nuten eingestochen, da Kupferringdichtungen nicht wiederverwendbar sind.

Die Flanschöffnungen sind durch Blindflansche verschlossen, alternativ kann auch ein Sichtfenster eingesetzt werden. Ein solches wurde, aus Kostengründen, ebenfalls selbst konstruiert. Verwendet wurde normales, 5 mm starkes Fensterglas. Die Montierung der Blindflansche sowie des Sichtfensters ist aus Abb. 3.4 ersichtlich.

Eine weitere Funktion der Abdichtkappe ist das Abstützen des sehr breiten Ausbruchs. Dies ist notwendig, da die Streukammer auf Grund der vielen Ausfräsungen in der Strahlebene unter Vakuum instabil werden könnte. Sollte ein zukünftiges Experiment es erfordern, den Durchbruch anderweitig zu verschließen, z.B. durch eine Folie, kann er durch eigens hierfür konstruierte verschiebbare Stützen stabilisiert werden.

Auf der dem Spektrometer zugewandten Seite befindet sich unter Rückwärtswinkeln ein kurzer Durchbruch (112° – 168°), der mit einer flanschlosen Kappe verschlossen ist. Diese kann durch eine gleichartige, mit starren Flanschen versehene ersetzt werden, um die Durchführung von Einarmexperimenten zu ermöglichen. Diese Messungen sind zur Überprüfung der Abbildungseigenschaften des Spektrometers und als Funktionstest der Vieldrahtkammern nötig.

Da die Streukammer bezüglich der Strahlebene symmetrisch ist, kann das Spektrometer auch an die Flansche in dem breiten Durchbruch angeflanscht werden. Zu diesem Zweck ist aber ein Drehen des Kammertorus, ohne Bodenplatte und Deckel, um die Strahlachse um 180° erforderlich.

Der sich unter Vorwärtswinkeln befindliche Durchbruch im Winkelbereich zwischen 17° und 98° (25° – 90° bei vollem Raumwinkel von 31.4 msr) wird von dem „Sliding Seal“ abgedichtet. Dessen Konstruktion und Wirkungsweise wird in Kap. 4 eingehend beschrieben, hier soll nur das Nötigste erwähnt werden.

Als „Sliding Seal“ bezeichnet man eine Metallfolie, die eine Öffnung in der Wand der

Streukammer verschließt. Über einen Flansch kann das Magnetspektrometer (oder andere Detektoren) angeschlossen werden, so daß der Nachweis von Elektronen in einem bestimmten Streuwinkelbereich möglich wird. Der Vorteil eines solchen Anschlusses, im Gegensatz zu einem starren Flansch, besteht in der Möglichkeit des Verschiebens der Folie auf der Öffnung, so daß das bei der Verwendung von z.B. starren Flanschen notwendige zeitaufwendige Umflanschen mit Belüften und wieder Evakuieren der Kammer entfällt.

In der Bodenplatte der Streukammer befinden sich drei Flanschanschlüsse, einer mit den Maßen DN 150 CF und zwei für DN 35 CF Flansche. An die große Öffnung wird über einen 90°-Bogen die zur Aufrechterhaltung eines Vakuums von 10^{-6} mbar in der Streukammer benutzte Kryopumpe angeschlossen, die durch ein Ventil abtrennbar ist. Diese Pumpe wird nicht aufrecht stehend, hierfür ist unter der Kammer kein ausreichender Platz vorhanden, sondern auf einem Gestell liegend montiert. Um ein zum Betrieb der Kryopumpe notwendiges Vorvakuum zu erreichen wird eine Vorpumpe benötigt. Das Abpumpen erfolgt über einen an der Vakuumkammer des Spektrometers befindlichen Anschluß; sie kann jedoch auch an die im Kammerboden oder am Bogen sitzenden DN 35 CF Anschlüsse angeschlossen werden. An diese sollen ebenfalls Vakuummeßgeräte und ein Belüftungsventil angeflanscht werden.

Die zur Positionierung der Targets [7] notwendige Targetleiter wird durch zwölf M8-Zylinderkopfschrauben über ein Zwischenstück am Streukammerdeckel angeflanscht; diese Bohrungen sind in Abb.3.1 eingezeichnet. Die Targetleiter kann durch ein DN 63 CF Flachzugschieber-Ventil von der Streukammer abgetrennt werden.

3.3 Isolation

Das von den Halbleiterzählern gelieferte Spannungssignal ist ein Maß für die vom durchgehenden Teilchen deponierte Energie. Es kann nur verarbeitet werden, wenn es nicht von Signalen aus Erdschleifen oder Hochfrequenzsignalen überlagert wird. Der Kammertorus, der eine große Kapazität darstellt, muß deshalb gegen Erdpotential isoliert werden.

Die Isolation erfolgt durch Trovidurringe, die sich zwischen dem auf dem Kammertorus aufgeschweißten Ring und dem Deckel (bzw. der Bodenplatte, die auf dem Unterbau der Streukammer aufliegt und damit auf Erdpotential liegt) befinden, wie in Abb.3.5 dargestellt. Sie werden auf den Ring mittels M4-Senkschrauben aus PVC geschraubt. Zwischen den Trovidurringen, quasi in einer Nut, liegt der Dichtring, ein O-Ring aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk „NBR“.

Deckel bzw. Bodenplatte sind mit dem Torus mittels je 36 M8-Zylinderkopfschrauben verbunden. Damit diese nicht die Isolation überbrücken, werden sie von je zwei Isolationshülsen geführt (siehe ebenfalls Abb.3.5). Die Schrauben sind also weder mit dem Torus noch mit dem Deckel (Bodenplatte) leitend verbunden, als doppelte Sicherheit gegen eine unbeabsichtigte elektrische Verbindung, die z.B. von auf dem Deckel liegenden, beim Montieren vergessenen Werkzeug verursacht wird.

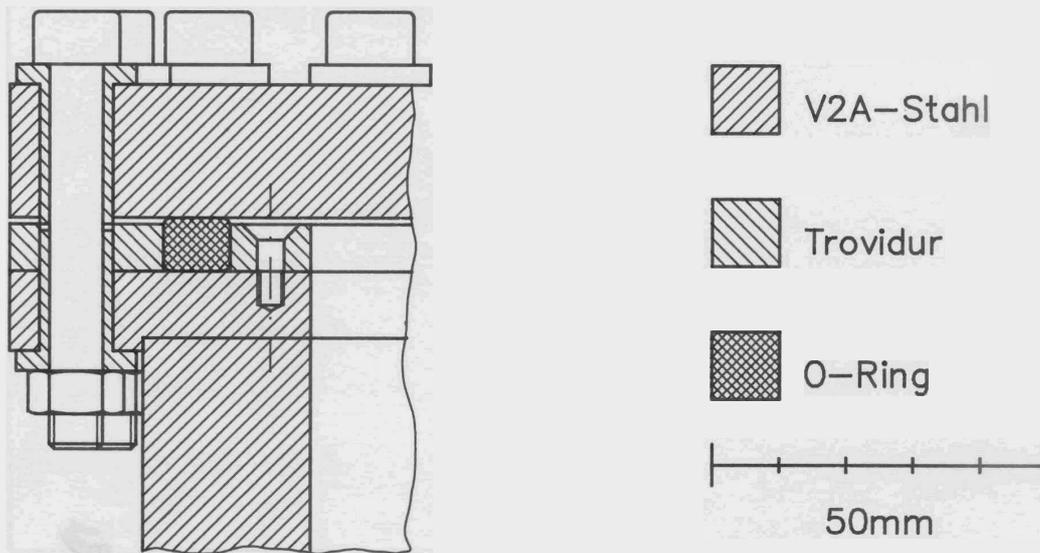


Abb. 3.5: Ausschnitt aus Bl. 4b von Zeichnung K2000.00 im Anhang C. Die Vakuumabdichtung zwischen Deckel (bzw. Bodenplatte) und Torus erfolgt durch einen O-Ring, der in einer von zwei Trovidurringen gebildeten Nut liegt. Der O-Ring sowie die Trovidurringe trennen Deckel und Torus elektrisch. Damit diese Isolation nicht durch die Schrauben überbrückt wird, werden diese von Trovidurhülsen geführt. Die Trovidurringe selbst werden durch M4-Senkschrauben aus PVC fixiert.

Desweiteren muß eine Isolation den Torus von den Strahlrohren (und damit vom Beschleuniger bzw. Faraday-Cup) abtrennen, da diese ebenfalls auf Erdpotential liegen. Hierfür sind im Handel erhältliche Keramik-Zwischenstücke vorgesehen.

4 Das „Sliding Seal“

4.1 Beschreibung

Das Anflanschen der Streukammer an das Magnetspektrometer kann auf vielfältige Weise realisiert werden. Am problemlosesten ist der Einsatz von starren Flanschverbindungen, solche Flansche befinden sich z.B. auf der dem Spektrometer abgewandten Seite der Streukammer. Sie erlauben ein einfaches Anflanschen des Detektorsystems, schränken jedoch den Bereich der einem Experiment zugänglichen Streuwinkel ein.

Eine andere einfache Möglichkeit ist das Verschließen eines sich über den erforderlichen Winkelbereich erstreckenden Durchbruches in der Streukammerwand sowie der gegenüberstehenden Öffnung zum Spektrometer durch zwei dünne Folien. Dieses Konzept mußte verworfen werden, da die beim zweimaligen Durchgang durch die Folien auftretende Kleinwinkelstreuung des Elektrons in dem langen Weg durch das Spektrometer zu großen Positionsfehlern in der Fokalebene führt.

Deshalb wurde ein „Sliding Seal“ [10] entwickelt und angefertigt; es ist in Abb. 4.1 dargestellt. Zwei andere Konzepte werden im nächsten Kapitel beschrieben.

Die Standardausführung des „Sliding Seal“ besteht aus einem dünnen, ca. 0.1–0.2 mm starken Edelstahlband, das in seiner Länge auf die abzudichtende Öffnung gelegt wird. Diese erstreckt sich über den gesamten Winkelbereich, der einer Messung zugänglich sein soll. Die Abdichtung erfolgt durch einen O-Ring, der in einer die Öffnung umlaufenden Nut liegt. Das Band beult unter Vakuum, abhängig von der Durchbruchhöhe und der Stärke des Stahlbleches, mehr oder weniger ein. Seine Stabilität beruht auf der Ausbildung von versteifenden Strukturen. Bereiche, in denen das Band in die Öffnung hineingezogen wird, werden von stegartigen Strukturen flankiert, die das dünne Stahlblech dadurch versteifen. Ein „Sliding Seal“ ermöglicht also Stellungen des Spektrometers unter beliebigen Streuwinkeln, des weiteren das Verändern der Spektrometerstellung ohne Umflanschen. Ein schwieriges Problem ist aber die vakuummässige Abdichtung der Öffnung. Eine entsprechende Führung muß dafür sorgen, daß das Band überall auf dem Dichtring aufliegt.

Bei der hier vorliegenden Durchbruchhöhe und dem Radius der Streukammer mußte das Konzept des einfachen „Sliding Seal“ modifiziert werden, da das Band unter Vakuum in die Öffnung gepresst wird. Es besitzt keine ausreichende Eigenstabilität mehr und muß folglich versteift werden.

An die Versteifung werden folgende Anforderungen gestellt. Sie muß das Seal in der Senkrechten versteifen, so daß es nicht in den Durchbruch hineingezogen wird, darf jedoch die Elastizität in Bewegungsrichtung nicht wesentlich einschränken, da in den Umkehrpunkten an den Enden der Öffnung und beim Aufrollen des Seals Krümmungsradien von 20 mm erreicht werden sollen (siehe Abb. 6.3 auf S. 23).

Eine Lösung dieses Problems wurde am Hahn-Meitner-Institut (HMI) in Berlin entwickelt [10]. Auf das Stahlblech (Stärke 0.2 mm) wird zuerst eine Gummimatte geklebt, auf die wiederum senkrecht zur Bewegungsrichtung Versteifungsstreben aufge-

bracht werden. Als Klebemittel wurde das Material 405 der Firma Loctite verwendet, das sich als sehr geeignet für Metall-Gummi Verbindungen erwiesen hat [12].

Das Seal wird also durch die aufgeklebten Stege in vertikaler Richtung versteift, ist jedoch in Bewegungsrichtung bis zu einem bestimmtem, von der Geometrie der Stege und ihrem Abstand abhängigem Krümmungsradius weiterhin nahezu (lediglich etwas steifer durch die Gummimatte) genauso flexibel wie das reine Stahlband. Die zwischen

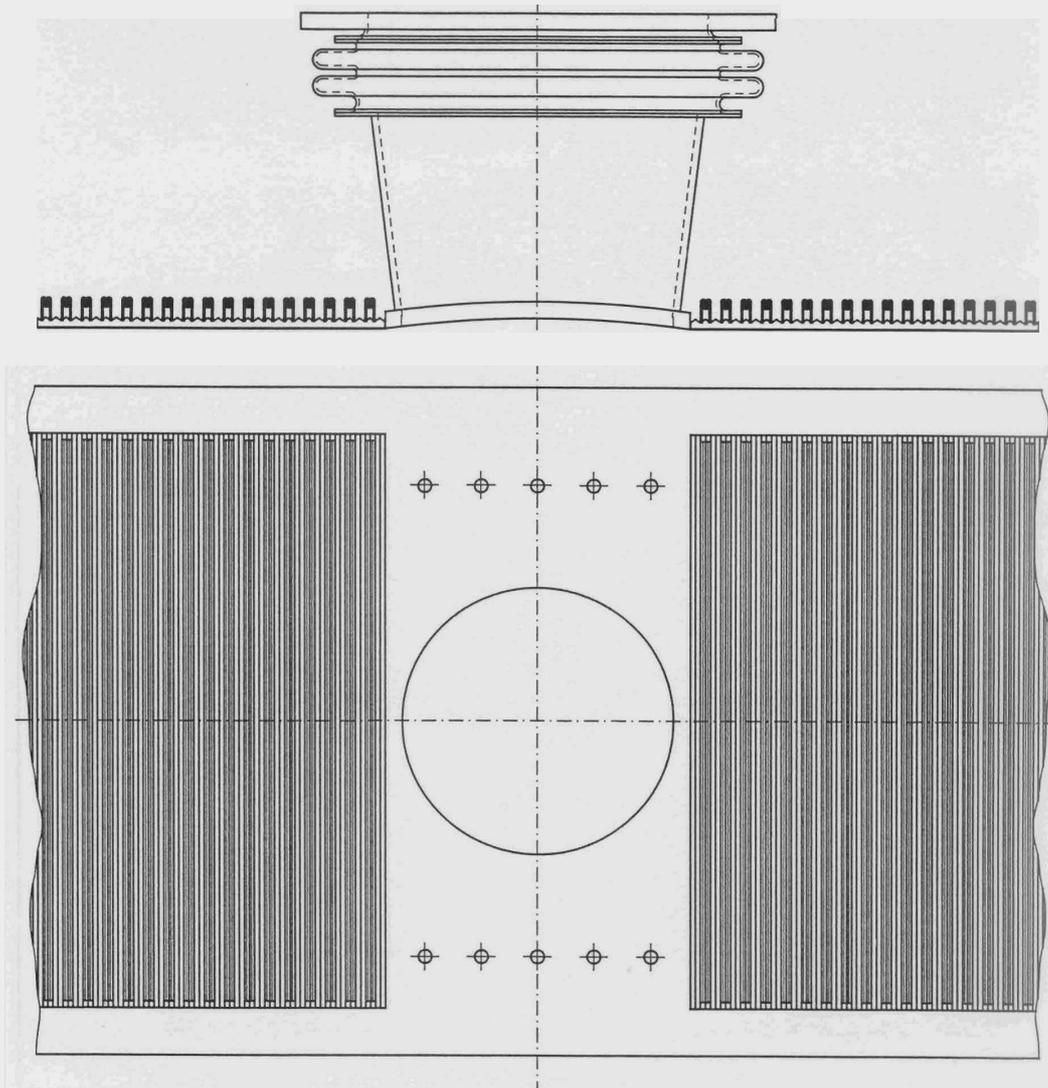


Abb. 4.1: Das „Sliding Seal“ im Maßstab 1:2. In der unteren Hälfte ist ein Ausschnitt des Seal in der Aufsicht dargestellt, in der oberen in der Seitenansicht mit aufgeklebtem Flansch zum Spektrometer (Tüte).

Band und Stegen aufgebraachte Gummimatte dient als Puffer, da das Band sich in Umfangsrichtung gut an den Umfang der Kammer anschmiegen soll. Direkt auf das Stahlblech geklebt würden die Versteifungen dem Band eine Polygonstruktur mit der Folge von Undichtigkeiten aufprägen.

Zwei nach diesem Prinzip arbeitende Abdichtungen wurden an einer im Jahre 1984 am HMI in Betrieb gegangenen Streukammer erfolgreich verwendet [10].

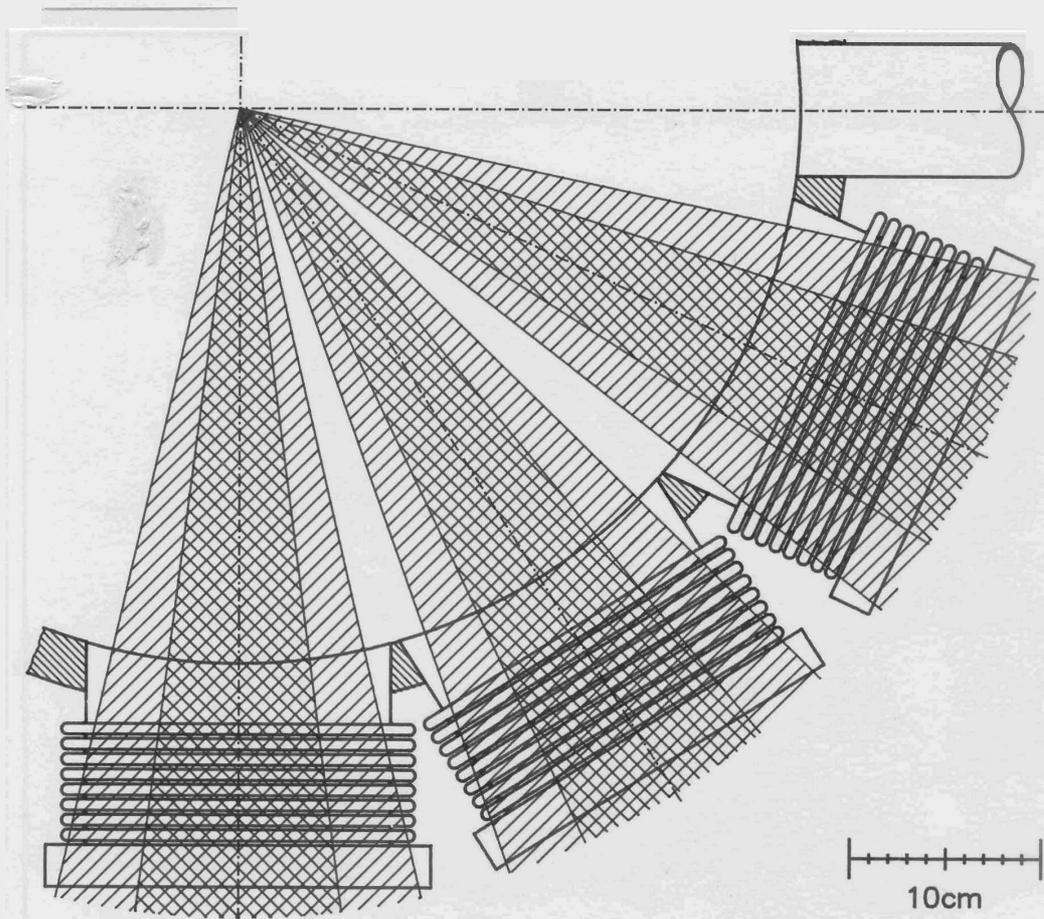


Abb. 4.2: Schwenkbereich des Spektrometers unter Verwendung von Wellschläuchen. Im doppelt schraffierten Winkelbereich kann mit dem vollem Raumwinkel des Spektrometers von 31.4 msr gemessen werden, im einfach Schraffiertem lediglich mit einem zwischen 0 und 31.4 msr. Der nicht schraffierte Bereich ist keiner Messung zugänglich.

4.2 Alternativen zum „Sliding Seal“

Zwei Alternativen zum „Sliding Seal“ sollen kurz vorgestellt werden. Bei der ersten Variante werden Flansche verwendet, die jedoch nicht starr mit der Kammer verbunden, sondern an elastischen Wellschläuchen befestigt sind. Ein solches Konzept ist in Abb. 4.2 dargestellt.

Der Öffnungswinkel der Flansche gegenüber dem Target ist größer als der des Spektrometers. Durch Verbiegen des Wellschlauches kann somit auch unter Winkeln, die von der Flanschachse abweichen, mit vollem Raumwinkel gemessen werden. Diese Bereiche sind in Abb. 4.2 doppelt schraffiert dargestellt. Es bleiben jedoch „tote“ Winkelbereiche übrig, die dem Experiment nicht zugänglich sind (die in Abb. 4.2 nicht schraffierten Bereiche). Diese Lösung wäre eine Alternative in Fällen, in denen die Existenz nicht einsehbarer Streuwinkelbereiche tolerierbar wäre. Der Vorteil dieses Konzepts liegt in der einfacheren Fertigung als auch in seiner größeren Unempfindlichkeit gegen mechanische Einwirkung im Experimentierbetrieb begründet. Andererseits muß die Streukammer einschließlich von ihr nicht durch Ventile abtrennbarer Beschleunigerbereiche belüftet werden, wenn im Rahmen einer Meßreihe unter mehreren, stark voneinander abweichenden Streuwinkeln, die ein Umflanschen erfordern, gemessen werden soll.

Eine spezielle Variation eines „Sliding Seal“ besteht aus übereinanderschiebbaren Stahlplatten [11]. Ein mögliches Design zeigt Abb. 4.3. Der Vorteil gegenüber einem Stahlblech ist die Steifigkeit der Stahlplatten, so daß hiermit auch Öffnungen mit größeren Stützweiten abgedeckt werden können. Ein großes Problem ist jedoch die Vielzahl der Dichtungsnuten; zwischen je zwei Platten befindet sich ein Dichtungsring. Eine präzise Bearbeitung der Platten ist unabdingbar. Wenn die jeweiligen Krümmungsradien, also der äußere Krümmungsradius einer Platte mit dem Inneren der benachbarten Äußeren, nicht exakt übereinstimmen, liegen die Platten nicht mehr plan aufeinander. Schon geringe Abweichungen, die zu einem Spalt zwischen den Platten führen, verursachen Undichtigkeiten.

Sehr wichtig ist auch eine exakte Führung der Platten, diese dürfen nicht gegenseitig verrutschen, verkanten oder sich voneinander abheben. Denkbar wäre z.B. eine Schiene an der inneren Platte, in der die Nächstäußere geführt wird. Für eine Funktionstüchtigkeit ist jedoch abermals eine hohe Präzision bei der Fertigung notwendig. Berücksichtigt werden muß ebenfalls der Platzbedarf der übereinanderliegenden Platten in radialer Richtung, der beträchtlich werden kann, wenn ein breiter Durchbruch abgedeckt werden muß.

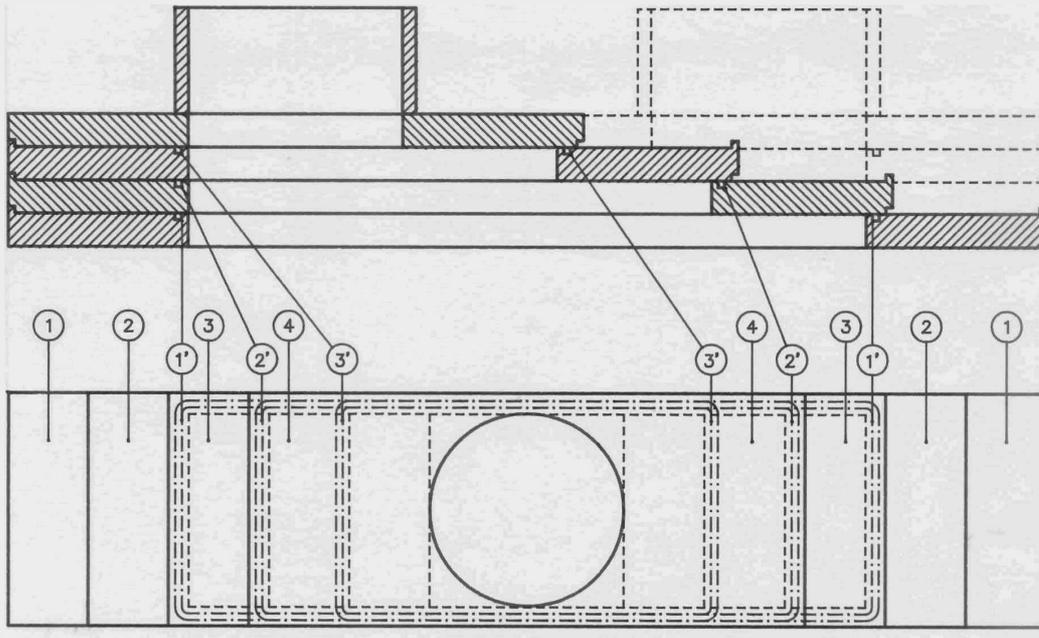


Abb. 4.3: Schematische Darstellung eines „Sliding Seal“ aus übereinanderschiebbaren Stahlplatten. Auf die Krümmung der Platten als Anpassung an die Kammerwand wurde der Übersichtlichkeit wegen verzichtet. In der oberen Hälfte der Abbildung sieht man einen Längsschnitt durch das Seal, in der unteren eine Aufsicht. Gleiche Ziffern beziehen sich auf gleiche Platten, die Dichtungsnuten werden durch mit (') versehenen Ziffern bezeichnet.

5 Flansch zum Spektrometer

5.1 Beschreibung der Tüte

Die Vakuumverbindung zwischen Quadrupolflansch und „Sliding Seal“ heißt Tüte, ihre Darstellung findet man in Abb. 5.1. Sie muß beim Drehen des Spektrometers ein Mitführen des „Sliding Seal“ bewirken. Die Verbindung zwischen Band und Tüte, eine Klebeverbindung, die weiter unten näher beschrieben wird, darf jedoch dabei nicht unnötig belastet werden. Desgleichen darf das Drehmoment des Spektrometers nicht direkt am Seal angreifen, da sonst die Gefahr eines Reißens des dünnen Stahlbleches besteht. Das Seal liegt deshalb mitsamt aufgeklebtem Flansch auf einer Lagerung, auf die es über die Tüte aufgeschraubt wird. Die Lagerung wird in Kap. 6 beschrieben. Das vom Spektrometer ausgeübte Moment greift also an der Lagerung an, und erst diese führt bei ihrer Bewegung das auf ihr fixierte „Sliding Seal“ mit. An dem Seal selbst greift also keine Kraft an.

Die Positioniergenauigkeit des Spektrometers radial und vertikal beträgt ca. 0.5 mm. Die Abweichungen müssen, da auch sie das Band bzw. die Klebnaht belasten, von der Tüte ausgeglichen werden. Diese Funktion übernimmt ein Wellschlauch. Er gleicht etwaige Ungenauigkeiten aus, muß andererseits jedoch noch eine ausreichende Steifigkeit besitzen, um beim Fahren des Spektrometers die Tüte (und damit das Band) unmittelbar mitzunehmen. Auch bei diesem Flanschanschluß muß eine elektrische Isolation der Streukammer zum Spektrometer gewährleistet sein. Sie erfolgt durch eine auf die spektrometerseitige Platte der Tüte aufgeklebte PVC-Folie. Die Verbindungsschrauben zwischen dieser Platte und dem Quadrupolflansch werden, wie auch bei der Verbindung zwischen Deckel bzw. Bodenplatte der Streukammer und dem Kammertorus, von Trovidurhülsen geführt. Dies ist in Abb. 5.1 nicht dargestellt.

5.2 Verbindung von „Sliding Seal“ und Tüte

Die Stärke der Frontplatte der Tüte und des Stahlbandes unterscheiden sich mit 5 bzw. 0.2 mm stark. Ein Verschweißen von solchen Bauteilen ist sehr schwierig. In solchen Fällen bedient man sich einer Technik, die Mikroschweißen genannt wird. Hierbei werden in das stärkere Material Schweißnuten dermaßen eingeschnitten, daß eine Schweißlippe in der Stärke des dünneren Materials stehen bleibt. An diesem Steg wird das dünnere Material angeschweißt.

Die Schweißverbindung zwischen beiden Einzelteilen besteht lediglich aus einem schmalen Streifen entlang der Schweißnut (in unserem Fall wäre dies ein Streifen der Breite 0.4 mm entlang der Kreisöffnung mit einem Durchmesser von 80 mm). Sie besitzt also nicht die Festigkeit einer normalen Schweißverbindung.

Aus diesem Grund fiel die Entscheidung zugunsten einer Klebeverbindung zwischen Tüte und „Sliding Seal“. Der Vorteil liegt in der von der ganzen Klebefläche, die der Fläche der Frontplatte der Tüte entspricht, ausgeübten Bindung. Eine langfristige Beständigkeit der Verbindung ist aber nur bei der Verwendung eines Klebstoffs

gewährleistet, der ausgehärtet nicht zu spröde wird.

Daher wurden drei verschiedene Materialien, Ein- (SICOMET 2800) und Zweikomponentenkleber (VARIAN Torr Seal und UHU plus endfest 300), getestet. Ein DN 63 CF Flansch wurde mit einer Stahlplatte verklebt, wobei lediglich auf einem dünnem Steg (Breite 2 mm) um die Öffnung herum Klebstoff aufgetragen wurde. Die Testbedingungen übertrafen also die im Betrieb gestellten Anforderungen an die Verbindung. Anschließend wurden Lecktests durchgeführt sowie die Stabilität der Verbindung untersucht.

Als Ergebnis beim Vakuumtest ergab sich bei allen drei Klebern, daß Klebeverbindungen auch bei schmalen Klebeflächen vakuumdicht sind. Desweiteren zeigte sich bei keinem der Zweikomponentenkleber ein Ausgasen des Lösungsmittels, möglicher-

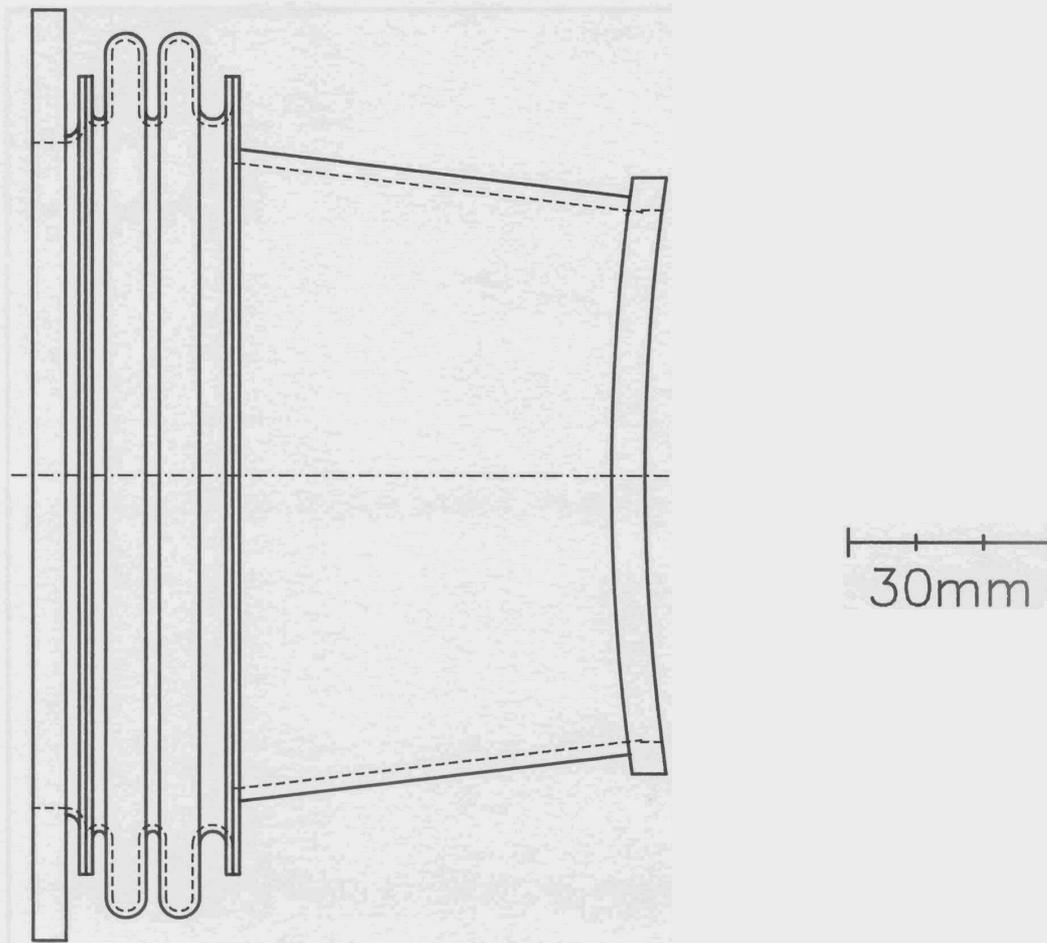


Abb. 5.1: Die Tüte in der Aufsicht. Sie wird rechts an der Streukammer fixiert, links wird das Spektrometer angeflanscht.

weise ist der Effekt der im Vakuum befindlichen Klebnaht gegenüber denen der übrigen Verunreinigungen aber auch vernachlässigbar.

Unterschiede zeigten sich jedoch bei der Beständigkeit der Verbindungen. Hier erfüllte allein der UHU-Kleber die gestellten Anforderungen, obwohl dieser aus Zeitgründen im Ofen ausgeheizt wurde (dadurch wird die Verbindung härter, jedoch auch spröder). Diese Verbindung war weder manuell noch durch Hammerschläge zu zerstören, bei den anderen reichte bloße Schlageinwirkung aus. Ursache hierfür ist die relativ große Elastizität der Klebnaht auch nach dem Aushärten, während sie bei den beiden anderen Klebstoffen zu spröde wurde.

Im Experimentierbetrieb ist die Klebefläche zwischen Seal und Tüte einen Faktor 20 größer als im Test, so daß von einer stabilen Verbindung auszugehen ist. Sie wird jedoch weniger auf Zug als durch Scherkräfte belastet, gegen die Klebeverbindungen empfindlich sind. Die Scherkräfte werden jedoch durch die Tüte, wie oben beschrieben, über die Lagerung auf die Streukammer abgeleitet, so daß die Verbindung nicht belastet werden sollte.

6 Lagerung des „Sliding Seal“

6.1 Dichtung

Als Dichtungsring wurde eine spezielle, problemangepaßte Variante gewählt. O-Ringe mit kreisförmigen Querschnitt neigen bei dynamischen Anwendungen zum „Rollen“ in der Nut. Sie verdrillen sich dabei, die Folge ist ein nicht konstanter Durchmesser über der Ringlänge und der O-Ring dichtet nicht mehr vollständig ab. Deshalb werden in solchen Fällen Quad-Ringe bevorzugt, die wegen ihrem quadratischem Profil das oben erwähnte Rollen nicht zeigen. Abbildung 6.1 zeigt das Profil.

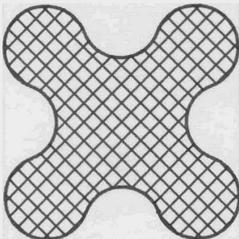


Abb. 6.1: Querschnitt durch einen Quadring. Die verwendeten haben eine „Kantenlänge“ von 7 mm.

Darüber hinaus ist der verwendete Quadring mit X-SEL (Handelsbezeichnung) beschichtet. Dieses Material zeichnet sich dadurch aus, daß kleine Schmutzpartikel, die bei dynamischen Anwendungen die Dichtwirkung des Dichtringes beeinträchtigen können, in der Oberfläche eingelagert werden, was die Lebensdauer der Dichtung erhöht. Außerdem ist der Reibwert dieses Materials geringer als der von normalem NBR, dem Standardmaterial für Dichtringe.

6.2 Lagerung

Die Versteifung des „Sliding Seal“ verhindert ein Hineinpressen in die Öffnung. Das Band liegt sowohl auf dem Dichtring als auch auf der Streukammerwand auf. Ein Fahren des Spektrometers unter Mitführung des Seals ist zwar möglich, jedoch verhindert die starke Reibung, wofür vor allem der hohe Reibungswiderstand von Seal auf Kammerwand (Stahl auf Stahl) verantwortlich ist, ein ruckfreies Fahren, das aber für ein Bewegen unter Vakuum notwendig ist.

Ein Konzept, das ein solches Fahren erlaubt, ist das Auflegen des „Sliding Seal“ auf einer Lagerung. Auf diese wird über die aufgeklebten Stege der größte Teil der auf das Band einwirkenden Kraft (ca. 4500 N) abgeleitet. Auf den Dichtring selbst wirkt nur soviel Kraft wie für eine Dichtungswirkung notwendig ist. Da das Seal auch nicht mehr direkt auf der Kammerwand aufliegt, wird die gesamte Reibungskraft stark vermindert.

Eine Gleitlagerung besteht aus zwei gegeneinander beweglichen Schienen, die untere ist auf der Streukammerwand fixiert, auf der anderen liegt das Band auf. Der Reibwert zwischen beiden Teilen wird durch die Wahl des Materials und des Schmiermittels

bestimmt. Das resultierende Moment, das zum Bewegen des „Sliding Seal“ nötig ist, entspricht jedoch auch bei günstigster Wahl der Materialien immer noch einer Reibungskraft von 700 N; dies ist für ein ruckfreies Fahren zu hoch. Deshalb ist die Verwendung einer Gleitlagerung nicht möglich.

Bei einem Drahtkugellager (siehe Abb. 6.2) besteht die Verbindung zwischen Lager und Kammerwand nicht aus einem Gleitmittel, sondern aus Stahlkugeln, die in einem aus vier Messingringen gebildetem Käfig laufen. Diese werden von sogenannten Flachkäfigen auf Abstand gehalten, um die bei direkter Berührung der Kugeln entstehende Reibung und die Gefahr des Kugelstaus zu vermeiden.

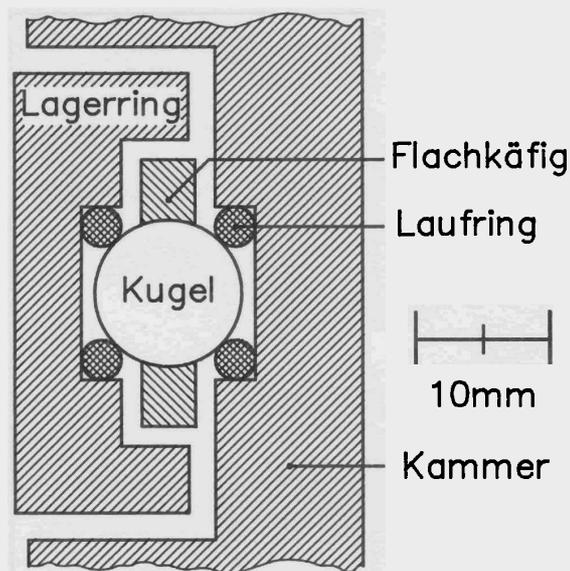


Abb. 6.2: Querschnitt durch ein Axial-Rillenkugellager mit ungeschliffenen Laufringen und Flachkäfig.

Der große Vorteil dieses Lagers besteht aus seiner geringen Reibung, da die Kugeln nicht direkt auf dem umschließendem Lagerring ablaufen, sondern auf den federharten Laufringen, einer hohen Belastbarkeit und seiner Unempfindlichkeit gegen mechanische Einwirkungen. Die Konstruktion aus Laufringen und Käfig zeichnet sich ebenfalls durch eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Durchmesserschwankungen der Laufringe oder der Kugeln aus, sie gleicht Unebenheiten aus. Verstärkt wird dieser Effekt durch die Wahl von ungeschliffenen Laufringen. Für Anwendungen, die eine höhere Belastbarkeit erfordern, werden diese dem Radius der Kugeln entsprechend angeschliffen, jedoch werden von einem solchem Lager Unebenheiten nicht mehr so gut ausgeglichen. Da in diesem Fall keine hohe Belastbarkeit gefordert wird, fiel die Entscheidung auf ungeschliffene Laufringe.

Der Nachteil der Drahtkugellager liegt in der durch sie bedingten großen Wandstärke der Streukammer. Der Drahtkäfig muß in der Wand versenkt werden, so daß der Lagerring, der die Auflagefläche für das „Sliding Seal“ darstellt, 1 mm über der Kammerwand hervorsteht. Gleichzeitig definiert das Band aber die Oberkante für den

Dichtring, er steht also bei diesem Konzept ebenfalls 1 mm über der Nutkante hervor. Wäre das Drahtkugellager nicht in der Wand versenkt, sondern stünde hervor, müßte die Dichtungsnut in einen ebenfalls um den gleichen Betrag über der Kammerwand hervorstehenden Steg geschnitten werden. Dieser ist jedoch, außer mit unvernünftig hohem Aufwand, nicht anzufertigen. Zwei durchführbare Möglichkeiten sind zum einen das Abdrehen der dicken Kammerwand bis auf den stehenzulassenden Steg (dies wäre in unserem Fall ebenfalls möglich, der einzige Vorteil jedoch wäre eine insgesamt leichtere Kammer), zum anderen das Anfertigen des gesamten den Durchbruch umlaufenden Steges aus einem Stück mit anschließendem Verschweißen mit der Wand einer dünnen Streukammer. Dieser Steg kann nicht in mehreren Segmenten gefertigt und verschweißt werden, da sich beim Schweißen Luftblasen im aufgeschmolzenem und wieder gehärtetem Material bilden, die beim Schneiden der Dichtungsnut aufgeschnitten werden. Ein Nachschweißen macht ein Nachschneiden der Nut erforderlich etc..

Von Nachteil ist ebenfalls der Umstand, daß ein Drahtkugellager die gesamte Streukammer umläuft. Damit ist aber die maximale Breite aller Öffnungen in der Streukammerwand festgelegt bzw. das breiteste Fenster legt den Abstand der Kugellager fest.

Durch die Versteifung des Bandes durch Stege und der Lagerung des Bandes auf den umlaufenden Kugellagern wird ein Fahren des Spektrometers unter Beibehaltung des Vakuums ermöglicht. Als zusätzliche Sicherheit befindet sich zwischen Tüte und Quadrupolflansch ein Ventil (DN 100 CF VAT Flachzugschieber), das vor dem Fahren des Spektrometers geschlossen werden kann, so daß im Falle eines Vakuumeinbruchs nur die Streukammer belüftet würde. Diese doppelte Sicherheit ist notwendig, da die das Spektrometer am oberem Ende abschließende Folie [3] bei einem Vakuumeinbruch am „Sliding Seal“ zerstört werden würde. Dies hätte auch im weiteren eine Beschädigung der sich dicht über dieser Öffnung befindlichen Vieldrahtkammern [4] zur Folge.

6.3 Führung

Wichtig für das exakte Mitführen des „Sliding Seal“ beim Fahren des Spektrometers sowohl bei belüfteter Streukammer als auch unter Vakuum ist eine präzise Führung des Bandes. Das Seal muß sowohl auf den horizontal als auch auf den vertikal verlaufenden Abschnitten des in der Dichtnut liegenden Quadrings sorgfältig angepreßt werden, da ansonsten die Gefahr eines Vakuumeinbruchs besteht.

Das „Sliding Seal“ wird mit der aufgeklebten Tüte auf die Lagerringe des Kugellagers geschraubt und ist damit fixiert. Bei Drehung des Spektrometers wird das Band vom Kugellager mitgeführt. Ist die Streukammer evakuiert, wird das Seal durch den Luftdruck an das Lager und den abdichtenden Quadring gepreßt. Soll das Spektrometer jedoch bei belüfteter Kammer gefahren werden, muß das Seal anderweitig auf die Lagerringe gedrückt werden. Dieses nötige Führen und Anpressen wird durch zwei Zahnriemen bewirkt, die ihrerseits durch Synchronscheiben geführt wer-

den. Diese sind mittels Rillenkugellager frei drehbar gelagert und über Halterungen an der Streukammerwand montiert. Die Spannung des Zahnriemens kann durch Verschieben dieser Halterung variiert werden.

Das Anpressen des Bandes auf die vertikalen Abschnitte des Quadrings erfolgt durch zwei sogenannte Anpresswalzen, siehe hierzu Abb. 6.3. Diese bestehen aus je einer als Kern der Walze fungierenden Synchronscheibe, die in einem passenden (die gleiche Zähnezahl wie die Synchronscheibe), mit Polyurethan beschichtetem Zahnriemen eingepaßt ist.

Die Güte des Vakuums bei Bewegung des Seals ist stark abhängig von der Position der Walzen relativ zum Quadring [12]. Die optimale Einstellung muß durch Probieren ermittelt werden, eine Positionsänderung wird ebenfalls durch in der Halterung befindliche Langlöcher ermöglicht. Der Anpressdruck der Walze an das Seal läßt sich mittels M5 Schrauben variieren.

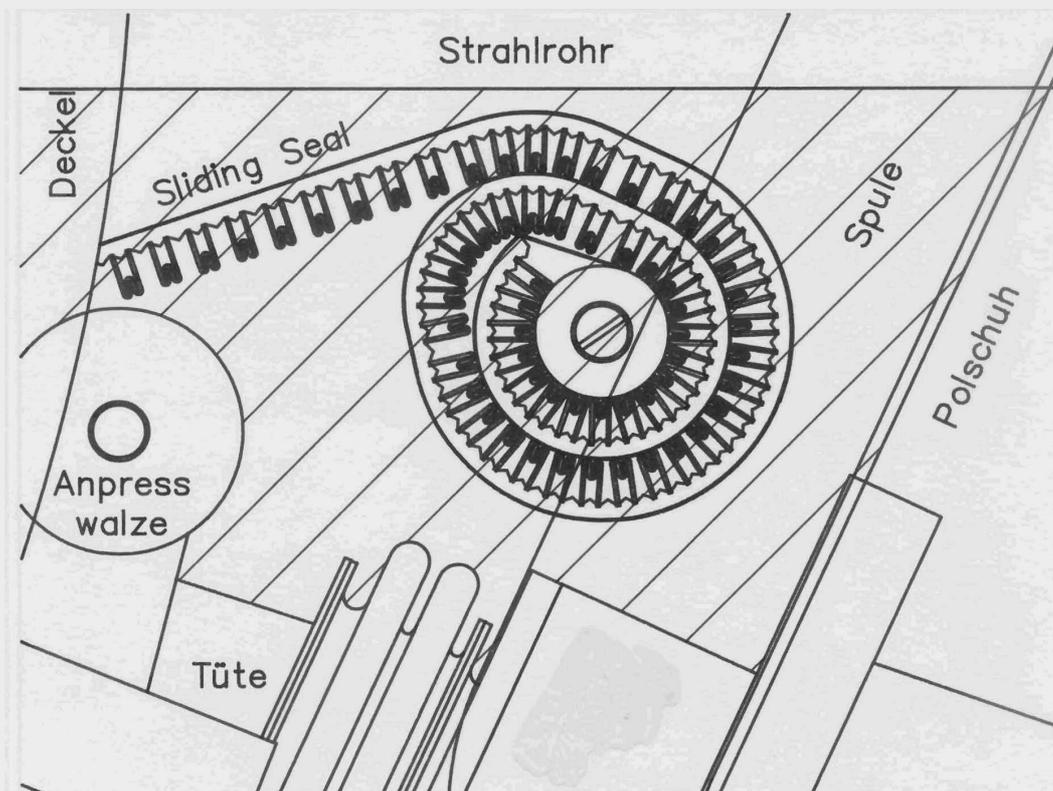


Abb. 6.3: Schraffiert dargestellt ist im Maßstab 1:1 der zum Aufrollen des Bandes verfügbare Platz bei einer Spektrometerstellung unter 25°. Das „Sliding Seal“ kann zwischen den Spulen des Quadrupols positioniert werden, da deren Abstand zur Strahlebene ausreichend groß ist.

6.4 Aufrollmechanismus des „Sliding Seal“

Wie in Kap.3 bereits erwähnt wurde, wird unter möglichst kleinen Streuwinkeln gemessen. Es war das Ziel, Spektrometerstellungen unter Winkeln bis zu $\theta = 25^\circ$ zuzulassen, was der Erfassung von Streuwinkeln bis zu 19° herab entspricht. In dieser Stellung befindet sich das zum Faraday-Cup auslaufende Strahlrohr zwischen den Rückflußjochen des Quadrupols [3].

In dieser Spektrometerstellung stehen ca. 40 cm Band über. Bei Stellungen unter $\theta \geq 30^\circ$ kann das Band noch durch den freien Raum zwischen Strahlrohr und Quadrupol durchgeführt werden, nicht jedoch bei kleineren Winkeln. Der Spalt zwischen den beiden Polschuhen ist ausreichend, um ein 70 mm starkes Strahlrohr aufzunehmen, nicht jedoch ein 200 mm breites Stahlband. Eine Umlenkung des Bandes z.B. nach unten durch Umlenkrollen wäre bei einem dünnen Stahlband möglich, wird jedoch durch die versteifenden Stützstreben verhindert. Deshalb mußte eine Möglichkeit gefunden werden, das „Sliding Seal“ in dem verbleibendem verfügbaren Raum zwischen Tüte, Strahlrohr und Polschuhen aufzurollen. Das Problem veranschaulicht Abb. 6.3.

Die Idee ist, das „Sliding Seal“ auf einer Achse aufzurollen, auf der es an seinem Ende festgeschraubt ist. Diese Achse wird über eine spezielle Halterung an der Kammerwand verschraubt und ist durch Kugellager frei drehbar gelagert (siehe Abb. 6.4). Die zum Aufrollen des Bandes benötigte Kraft wird von einer Triebfeder geliefert, die in das geschlitzte obere Ende der Achse eingehängt wird. Abbildung A.1 auf S. 33 zeigt das Momentendiagramm der verwendeten Triebfedern. Eine Vorspannung von sieben Umdrehungen ist ausreichend um das Band eng anliegend aufzurollen.

Die Feder befindet sich in einer Dose, die, beschränkt durch den geringen verfügbaren Bereich sowohl zwischen Streukammer und Quadrupol als auch zwischen beiden Spulen des Quadrupols, nur einen geringen Durchmesser und eine geringe Höhe aufweisen darf.

Die Feder sollte durch Drehen dieser Dose aufgezogen werden können, jedoch ist durch Drehen mit der Hand nur eine Vorspannung von vier Umdrehungen zu erreichen. Eine Vorspannung von sieben Umdrehungen erreicht man wenn man das Spektrometer schon vorher unter Vorwärtswinkel gefahren hat und in dieser Stellung die Feder vier Umdrehungen aufzieht. Fährt man nun das Spektrometer in die Stellung $\theta = 90^\circ$ (größtmöglicher Rückwärtswinkel am „Sliding Seal“), rollt sich das Band ab und die Feder wird um drei weitere Umdrehungen aufgezogen. Unter Rückwärtswinkeln befindet sich ebenfalls ein solcher Aufrollmechanismus, obwohl an dieser Stelle das Seal frei hängen könnte. Für das Vorspannen ist auf dieser Seite eine entsprechende Prozedur durchzuführen.

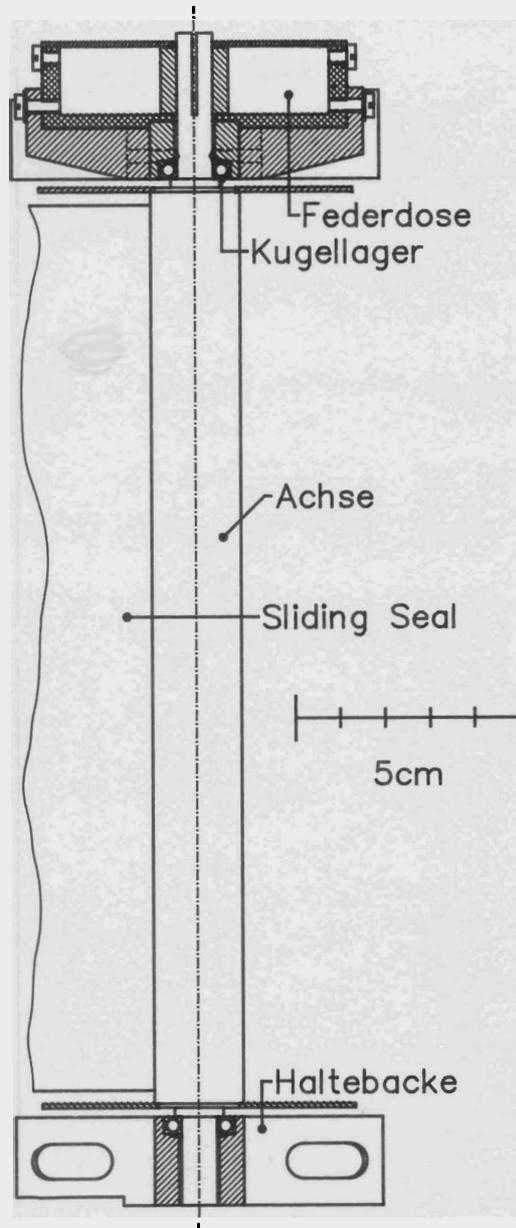


Abb. 6.4: Aufrollmechanismus des „Sliding Seal“

7 Aufstellung und Justierung der Streukammer

7.1 Unterbau

Die beim Drehen des Spektrometers auftretenden Kräfte werden von der Streukammer aufgenommen, dabei darf diese jedoch nicht dejustiert werden. Sie benötigt deshalb einen stabilen Unterbau, auf dem sie unverrückbar arretiert werden kann. Dieser Unterbau ist in Abb. 7.1 dargestellt.

Die Streukammer steht auf einem Tisch, dessen zentraler Fuß, ein Stahlrohr mit einem Durchmesser von 190 mm bei einer Wandstärke von 10 mm, auf der Drehlagerung des Spektrometers aufgeschraubt ist. Ein vertikaler Schlitz im Zylinder ermöglicht das Anpeilen des auf der Drehlagerung befindlichen Dorns, der die Position der Drehachse des Spektrometers markiert. Der Tisch selbst besteht aus einer 20 mm starken Metallplatte, die sich unter der Last der Streukammer nicht verbiegen darf. Die Flanschanschlüsse für die Kryopumpe und für Meßgeräte befinden sich an der Bodenplatte

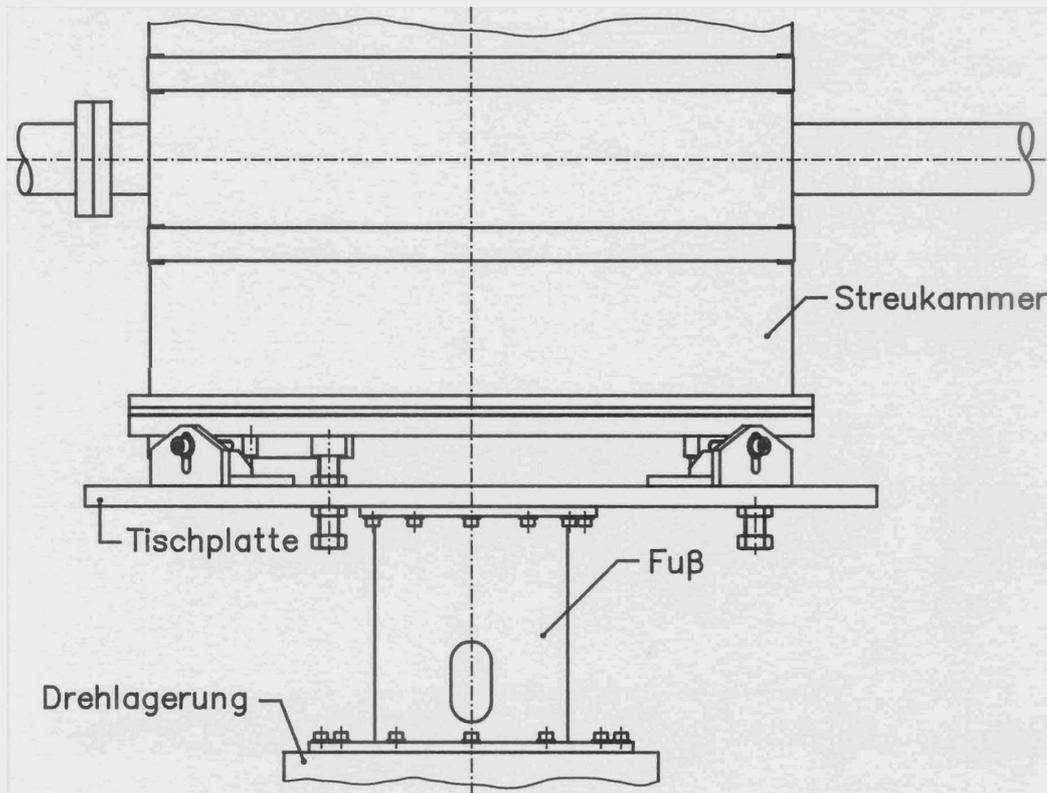


Abb. 7.1: Der Unterbau der Streukammer. Der Durchmesser der Streukammer beträgt 634 mm.

der Streukammer, deshalb enthält die Tischplatte entsprechende Ausfräsungen.

7.2 Justierung der Streukammer

Bei der Planung der Justierung wurde Wert auf Stabilität mit der Möglichkeit der unverrückbaren Arretierung der Kammer gelegt. Da die Positioniergenauigkeit des Spektrometers beim Fahren sowohl radial als auch vertikal ≤ 0.5 mm beträgt, ist ein präziseres Justieren der Streukammer nicht notwendig.

Sehr wichtig bei der Aufstellung der Streukammer ist, daß die Drehachse des Spektrometers, markiert durch einen Dorn auf der Drehlagerung [3], mit der Symmetrieachse des Streukammertorus übereinstimmt, der identisch ist mit der Drehachse der Tüte mitsamt „Sliding Seal“. Stimmen diese beiden Achsen nicht überein, wirken auf die Tüte, die die auftretenden Änderungen des Abstands von Kammer und Quadrupolflansch aufnehmen muß, starke Kräfte ein.

Der Drehpunkt des Spektrometers kann über den Dorn angepeilt werden, die Symmetrieachse der Kammer über die auf ihr angebrachte Targetleiter. Sollte das Einjustieren mit Hilfe der Targetleiter nicht präzise genug sein, kann diese entfernt werden und statt dessen auf dem Streukammerdeckel eine Scheibe mit einer Marke, die die Symmetrieachse bezeichnet, angebracht werden.

Das horizontale Justieren erfolgt durch vier Stellschrauben, die in am Kammerboden befestigte Klötzchen geschraubt werden. Diese Schrauben werden durch Stege (siehe Abb. 7.2) gehalten, die wiederum mit der Tischplatte verschraubt sind. Ein Bewegen der Kammer in eine Richtung erfolgt durch das Anziehen der Stellschraube auf der entsprechenden Seite. Vorher muß jedoch nicht nur die gegenüberliegende Stellschraube gelöst werden, sondern auch die Halteschrauben der beiden seitwärts befindlichen Justierblöcke.

Dieses Verfahren beim Einjustieren ist zeitraubend. Jedoch ist zu beachten, daß ein Justieren der Kammer lediglich beim Aufstellen notwendig ist. Der große Vorteil dieses Konzepts ist jedoch die Möglichkeit, die Streukammer durch Anziehen der Kontermuttern der Stellschrauben unverrückbar zu arretieren. Dies beinhaltet auch, daß bei einem Drehen des Kammertorus um die Strahlachse, um z.B. einen der im breiten Durchbruch befindlichen Flansche am Spektrometer anzuschließen, die Kammer nicht neu justiert werden muß, da der gedrehte Torus auf die justierte und arretierte Bodenplatte geschraubt wird.

Auf eine besondere Vorrichtung, die ein Drehen der Kammer um die Torusachse ermöglicht, so daß die Achse der Strahlrohre mit der durch die Flanschanschlüsse der Streukammer gegebenen Achse übereinstimmt, wurde verzichtet, da eine Justierung der Kammer bezüglich der Strahlachse nur beim Aufstellen erfolgen muß. Ein relativ präzises Aufstellen ist bereits mittels Lastkran möglich. Das exakte Ausrichten, wobei die Anschlüsse an die Strahlrohre als Orientierung dienen können, erfolgt manuell.

Zur Einjustierung der Höhe dienen drei M20-Sechskantschrauben. Die Höhe wird durch Drehen der Schrauben eingestellt; vorher müssen die Kontermuttern der Stell-

schrauben, welche die Kammer arretieren, gelöst werden. Da durch das Drehen Momente auf die Kammer übertragen werden können (auf der Fläche von $3 \times 3 \text{ cm}^2$ lastet das gesamte Gewicht der Streukammer incl. Targetleiter von ca. 300 kg), liegt die Streukammer nicht direkt auf den Schraubenenden auf, sondern auf gegenüber den Schrauben drehbar gelagerten Köpfchen. Diese drehen sich beim Anziehen der

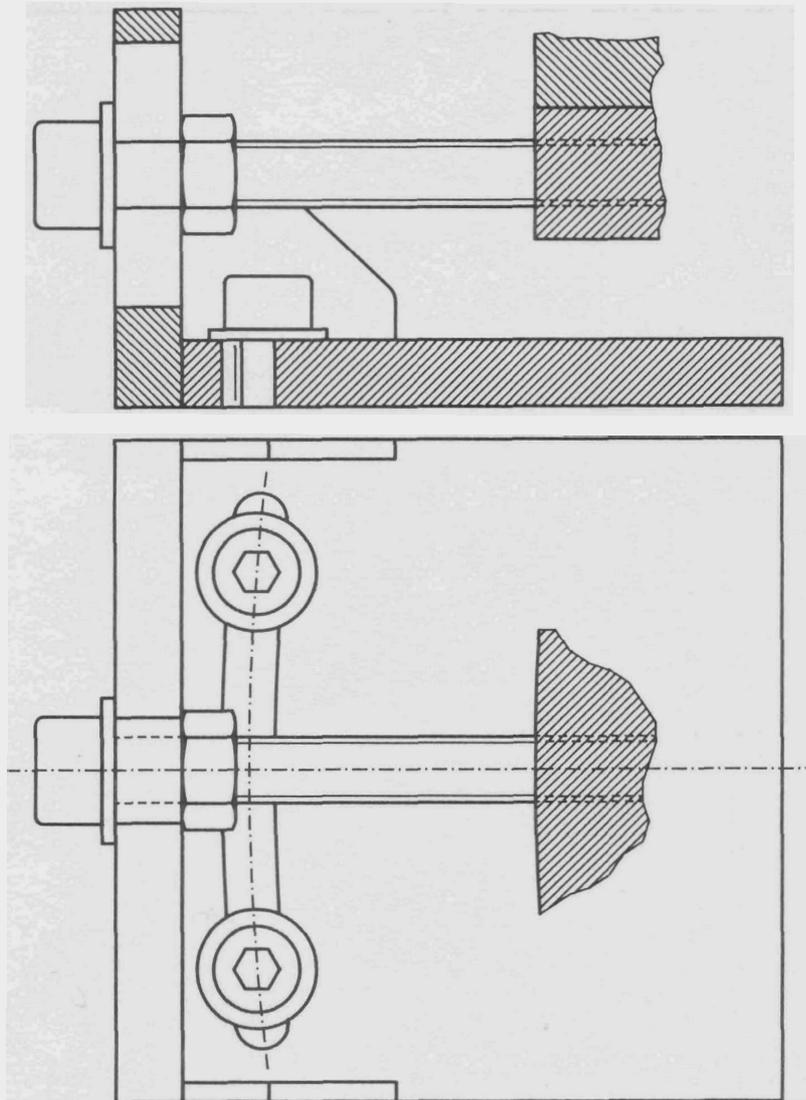


Abb. 7.2: Die Justiervorrichtung für die horizontale Justierung im Maßstab 1:1. In der unteren Hälfte ist sie in der Aufsicht dargestellt, in der oberen als Schnitt in der Seitenansicht. Das Justieren erfolgt durch Anziehen der Stellschrauben.

Schrauben nicht mit, die Gefahr eines Verrutschens der Kammer besteht nicht. Nach dem Justieren werden die Schrauben durch je zwei Muttern gekontert.

Diese verschiedenen Möglichkeiten der Justierung mußten bei der horizontalen Justiervorrichtung berücksichtigt werden, wie aus Abb. 7.2 ersichtlich ist. Die Stell-schrauben werden durch Langlöcher geführt, da sie, mit der Streukammer verbunden, bei der Einjustierung der Höhe mitbewegt werden. Die Halteschrauben befinden sich ebenfalls in Langlöchern, die jedoch radial zur Mitte der Tischplatte ausgerichtet sind, um sowohl horizontales Einjustieren als auch ein Drehen der Kammer zu ermöglichen.

8 Die Aufstreuung des Strahls beim Durchgang durch das Target

Elektronen werden beim Durchgang durch Materie gestreut, sie erfahren eine Wechselwirkung mit den Atomen des Streumaterials. Abhängig von der Dicke des streuenden Mediums sind für die Richtungsänderung einer oder mehrere Streuakte, die weitgehend voneinander unabhängig sind, verantwortlich. Diese Vielfachstreuung, wie sie auch bei den für Koinzidenzexperimente verwendeten Targets mit Massenbelegungen von 1.0 mg/cm^2 auftritt, bewirkt eine Auffächerung des Elektronenstrahls. Die Strahlaufstreuung muß bei der Dimensionierung des Strahlrohres hinter der Streukammer berücksichtigt werden und wurde deshalb abgeschätzt.

Beschränkt man sich im Falle eines senkrecht auf das Target auffallenden, parallelen, punktförmigen Strahls auf dünne Streuer (dann ist der Energieverlust der Elektronen im Material vernachlässigbar) sowie auf kleine Ablenkwinkel (i.A. $< 20^\circ$, ansonsten wären die Wege der einzelnen Elektronen im Target verschieden lang), kann man die Winkelverteilung über den Querschnitt des Strahls der gestreuten Elektronen als Gaussverteilung beschreiben. Für den Winkel der Standardabweichung Θ_σ gilt [13]:

$$\Theta_\sigma = \frac{14.1 \text{ MeV}/c}{p\beta} \sqrt{L/L_R} \left(1 + \frac{1}{9} \lg(L/L_R) \right) \text{ rad} \quad (8.1)$$

Tabelle 8.1: Θ_σ , $\Theta_{2\sigma}$, $\Theta_{3\sigma}$ und $\Theta_{4\sigma}$, wobei für $\Theta_{n\sigma} = n \cdot \Theta_\sigma$ gilt, für Kohlenstoff, Titan, Zinn und Blei bei verschiedenen Strahlenergien.

Element	E [MeV]	ρx [mg/cm^2]	Θ_σ [°] 68.3%	$\Theta_{2\sigma}$ [°] 95.45%	$\Theta_{3\sigma}$ [°] 99.73%	$\Theta_{4\sigma}$ [°] 99.9936%
C	25	1.0	0.076	0.15	0.23	0.30
	50	1.0	0.038	0.076	0.11	0.15
	90	1.0	0.021	0.042	0.063	0.084
	130	1.0	0.015	0.029	0.044	0.058
Ti	25	1.0	0.14	0.27	0.41	0.54
	50	1.0	0.068	0.14	0.20	0.27
	90	1.0	0.038	0.075	0.11	0.15
	130	1.0	0.026	0.052	0.078	0.10
Sn	25	1.0	0.19	0.39	0.58	0.77
	50	1.0	0.097	0.19	0.29	0.39
	90	1.0	0.054	0.11	0.16	0.21
	130	1.0	0.037	0.074	0.11	0.15
Pb	25	1.0	0.23	0.47	0.70	0.94
	50	1.0	0.12	0.23	0.35	0.47
	90	1.0	0.065	0.13	0.19	0.26
	130	1.0	0.045	0.090	0.14	0.18

mit p : Impuls des Elektrons in MeV/c
 β : Geschwindigkeit des Elektrons in c
 L/L_R : Dicke des Targets in Strahlungslängen.

Die Strahlungslängen wurden ebenfalls Ref. [13] entnommen.

Die mit Gl. (8.1) berechneten Werte für Θ_σ , $\Theta_{2\sigma}$, $\Theta_{3\sigma}$ und $\Theta_{4\sigma}$ (mit $\Theta_{n\sigma} = n \cdot \Theta_\sigma$) sind in Tab. 8.1 für vier Isotope bei verschiedenen Strahlenergien aufgetragen. Diese Winkel sind mit dem Öffnungswinkel des Reduzierflansches am Übergang vom zum Faraday-Cup führenden Strahlrohr mit einem Innendurchmesser von 66 mm zu einem mit 100 mm (siehe Abb. 8.1) zu vergleichen. Dieser beträgt ca. 0.65° , lediglich bei schweren Isotopen und kleinen Strahlenergien sind die berechneten Öffnungswinkel (für 4σ) mit diesem vergleichbar.

Der Fehler der Gl. (8.1) wird mit 5% im Bereich $10^{-3} < L/L_R < 10$ angegeben. Bei der Verwendung von Targets mit einer Massenbelegung von 1 mg/cm^2 befinden wir uns jedoch noch im Bereich der Mehrfachstreuung (durchschnittlich zwei Streuakte für die Streuung an Kohlenstoff und fünf an Blei), der Fehler müsste also etwas größer als 5% angesetzt werden. Wichtig sind jedoch nur die Werte für Blei, allein hier erreicht die Strahlaufstreuung Werte in der Größenordnung der angegebenen 0.65° . Diese Werte jedoch sollten bei einer Targetdicke (in Streulängen) von $1.57 \cdot 10^{-4}$ schon relativ genau sein.

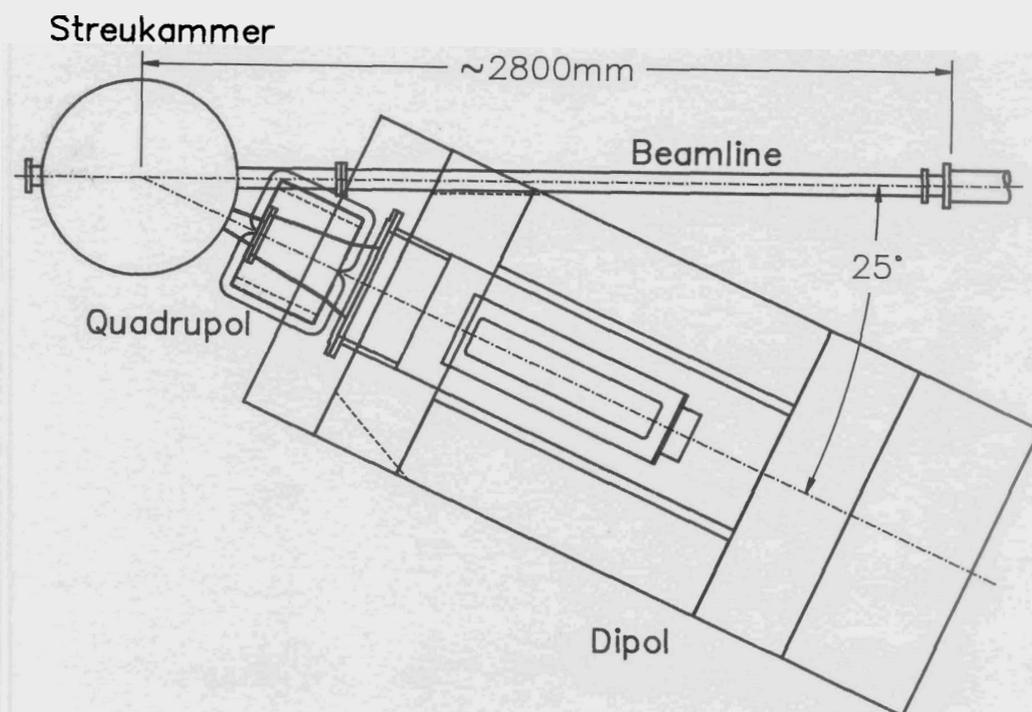


Abb. 8.1: Aufsicht auf den Experimentierplatz.

Als Überprüfung der nach Gl. (8.1) berechneten Werte wurde eine unabhängige Rechnung nach Ref. [14] durchgeführt. Hier gilt für Θ_σ :

$$\Theta_\sigma^2 = 32\pi\rho x Q_\pi \ln\left(\frac{196}{(ZA)^{1/6}}\right) \text{ rad} \quad (8.2)$$

mit ρx : Massenbelegung in g/cm^2

Z : Ladungszahl des Streuers

A : Atommassenzahl des Streuers.

Q_π : $Q_\pi = 1.75 \cdot 10^{-4} Z^2/A \cdot E^{1.75} \text{ cm}^2/\text{g}$

Die mit Gl. (8.2) berechneten Werte sind, je nach Element und Strahlenergie, 15%-30% kleiner als die in der Tabelle aufgelisteten und bestätigen damit deren Größenordnung.

Bei einer Messung mit Bleitarget bei kleinen Strahlenergien könnte der auf Grund der Strahlaufstreuung entstehende Untergrund die laufende Messung beeinträchtigen. Hier kann ein Austausch des Strahlrohrs mit $\varnothing_i = 66 \text{ mm}$ (DN 63 CF) durch eines mit $\varnothing_i = 100 \text{ mm}$ (DN 100 CF) schon bei einem Targetabstand von 1.50 m, direkt hinter dem Spalt im Seitenjoch des Dipols [3] Abhilfe bringen. In der aktuellen Strahlführung ist eine Aufweitung des Strahlrohres bei einem Abstand von ca. 2.80 m hinter dem Target vorgesehen.

Anhang A Die MAXIMO-Triebfedern

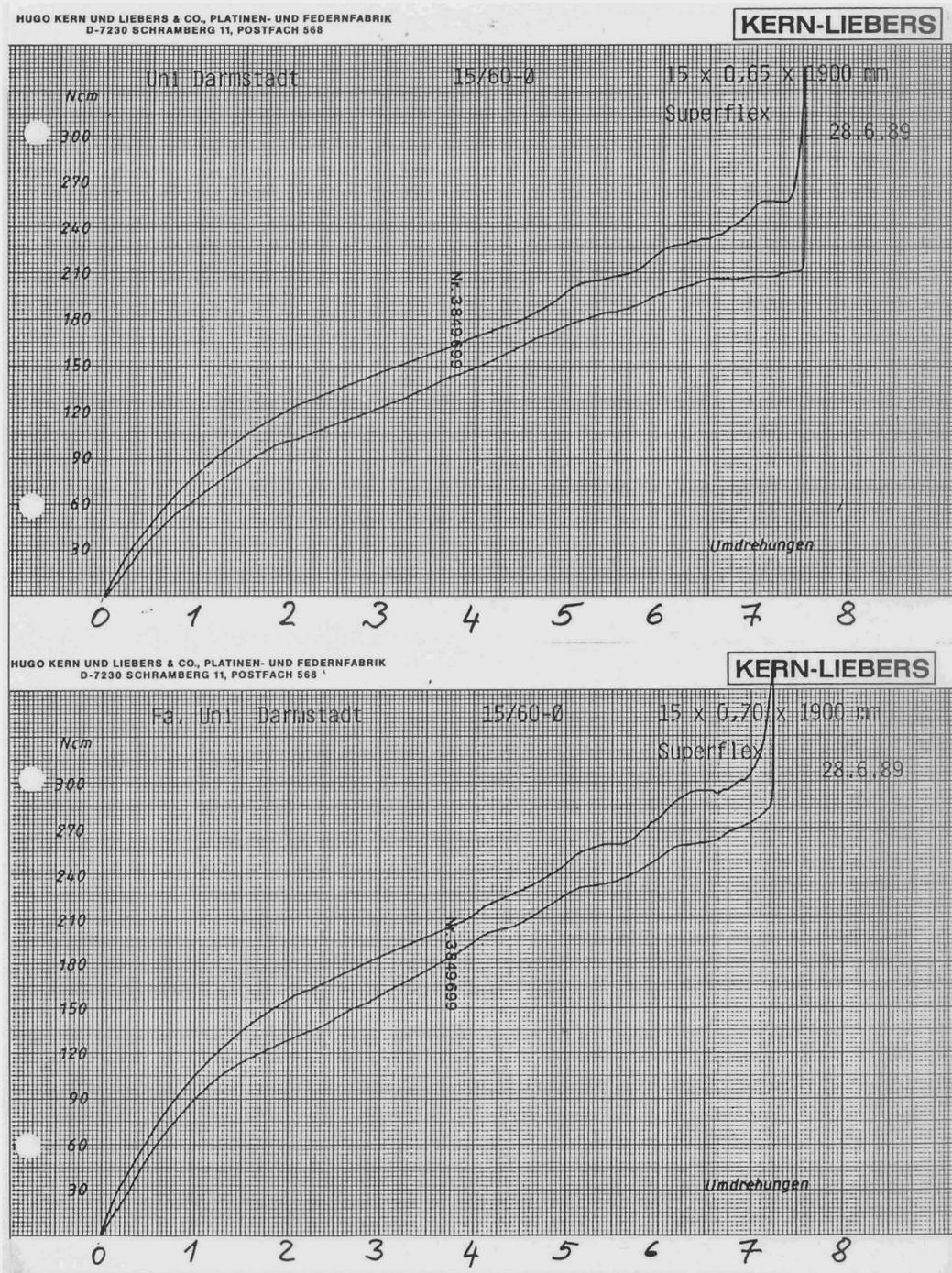


Abb. A.1: Momentendiagramm der MAXIMO-Triebfedern.

Anhang B Konstruieren mit AutoCAD

Sämtliche Zeichnungen der vorliegenden Arbeit wurden mit dem CAD-Programm AutoCAD erstellt. Es wird deshalb eine kurze Beschreibung der Arbeitsweise und Möglichkeiten von CAD-Programmen gegeben.

Der Begriff Zeichenprogramme ist ein Überbegriff für zwei verschiedene Programmklassen, die sogenannten Malprogramme (engl. painting program) arbeiten pixelorientiert, während die eigentlichen Zeichenprogramme objektorientiert sind.

Malprogramme arbeiten auf einer Zeichenebene, die in ein Raster mit einer bestimmten Anzahl von Pixel (Bildpunkte) aufgeteilt ist. Jedem dieser Bildpunkte wird eine Farbinformation in Form einer ganzen Zahl mitgegeben, die auf eine bestimmte Position in der Farbpalette des Programms zeigt. Die Darstellung des Punktes erfolgt dann in dieser Farbe, ansonsten jedoch trägt ein Bildpunkt keinerlei Information. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Zeichnet man einen Kreis, werden über Zeigen (Anklicken) des Mittelpunktes und eines Punktes auf dem Radius mittels einer Maus oder direkter Eingabe der jeweiligen Koordinaten oder auch des Radius selbst die Informationen „Koordinaten des Mittelpunktes“ sowie „Radius des Kreises“ an das Programm übergeben. Dessen Aufgabe ist es nun, den Kreis auf dem Bildschirm in der aktuellen Zeichenfarbe, Linienstärke und Linienart darzustellen. Dies erfolgt durch Setzen der entsprechenden Pixel. Die Kalkulation erfolgt intern unabhängig vom Benutzer. Möchte man die bestehende Zeichnung verändern, z.B. den Kreis mit einem anderem Linientyp darstellen oder seinen Durchmesser vergrößern, muß der bestehende Kreis gelöscht und neu gezeichnet werden. Der Gesamtheit der Pixel, die den Kreis darstellen, fehlt jegliche Information darüber, es sind eben einfach Pixel.

Die Programme arbeiten also genauso wie der Zeichner am Zeichenbrett, sie setzen die entsprechenden Pixel, der Zeichner schwärzt die Zeichnung an den entsprechenden Stellen mit seinem Bleistift. Programme sind allerdings durch interne Funktionen vor allem bei komplexeren Aufgaben wie z.B. Schraffieren erheblich schneller. Sie ermöglichen auch Aktionen wie Verschieben oder Kopieren des Zeicheninhalts eines Fensters an eine andere Position. Malprogramme werden vorwiegend für Illustrationen, eben Bilder, oder bei der Manipulation von über einen Scanner eingelesenen Fotografien eingesetzt. Für die Erstellung von technischen Zeichnungen sind sie ungeeignet.

Bei den Zeichenprogrammen dominieren die objektorientierten, im sogenannten Low-Cost-Bereich ist AutoCAD das populärste. Bei diesen Programmen muß die Darstellung auf dem Bildschirm strikt von der eigentlichen Zeichnung unterschieden werden. Das Zeichnen und Darstellen eines Kreises erfolgt wie bei einem pixelorientiertem Programm. Zusätzlich wird jedoch das neue Zeichnungselement mit seinen Eigenschaften, also „Typ des Elements“, im Beispiel ein Kreis, Mittelpunkt, Radius, Farbe, Linientyp etc. in einer Liste, die die eigentliche Zeichnung darstellt, abgespeichert. Dies ermöglicht ein leichtes Editieren (Verändern) der bestehenden Zeichnung, da das Programm einzelne Zeichnungselemente (z.B. Kreise) mit von ihrem Typ abhängigen Eigenschaften kennt. Für das Editieren stehen eine Vielzahl von AutoCAD-Befehlen zur Verfügung, die ein komfortables Erstellen und Verändern von technischen Zeich-

nungen ermöglichen. Zusätzlich ist es noch möglich, eigene AutoCAD-Befehle in einer programminternen Sprache (AutoLisp) zu definieren, mit dieser Sprache greift der Benutzer selbst auf die Elementliste von AutoCAD zu. Die Möglichkeiten eines objektorientierten Programms übersteigen damit diejenigen einer pixelorientierten Arbeitsweise bei weitem.

Hier soll keine ausführliche Einführung in das Arbeiten mit AutoCAD erfolgen, hierzu sei auf die entsprechenden Handbücher verwiesen. Es sollen jedoch zwei Eigenschaften von AutoCAD beschrieben werden, die sich als hilfreich beim Erstellen von technischen Zeichnungen erwiesen haben.

Die erste ist die Möglichkeit „Layer“ zu definieren. Unter einem Layer kann man sich eine Folie vorstellen, auf die das jeweilige Zeichnungselement platziert wird. Die Gesamtheit sämtlicher übereinandergelegter Layer bildet die vollständige Zeichnung. Jedem Layer können Eigenschaften, wie z.B. Farbe oder Linientyp, zugeordnet werden. Objekte, denen nicht explizit eine Eigenschaft, z.B. eine Farbe, zugewiesen wurde, erhalten implizit die Farbe *bylayer*. Dies teilt dem Programm mit, daß sie in der Farbe, die dem Layer zugewiesen wurde, dargestellt werden sollen. Eine Anwendung findet man im folgenden Fall. Beim Erstellen einer technischen Zeichnung wurden z.B. die Umrißlinien der Objekte mit dem Linientyp *continuous*, die Schraffuren mit *dashdot* gezeichnet. Sollen nun sämtliche Schraffuren *dashed* dargestellt werden, muß jede Schraffur angewählt und ihr Linientyp geändert werden. Befinden sich jedoch sämtliche Schraffuren, und nur diese, auf einem Layer, läßt sich der Linientyp durch eine Änderung des dem Layer zugewiesenen verändern. Es lassen sich also über eine Änderung von Eigenschaften eines Layers den mit diesem assoziierten Objekten andere zuweisen. Dieses Zusammenfassen von Objekten mit gemeinsamen Eigenschaften auf einem Layer hat besonders bei umfangreichen Zeichnungen eine große Bedeutung. Eine weitere Anwendung besteht in der Möglichkeit, einem Layer einen Status zuzuweisen. Die möglichen Zustände sind *on* (eingeschaltet), *off* (ausgeschaltet) und *freeze* (eingefroren). Nur Layer, die eingeschaltet sind, werden auch auf dem Bildschirm dargestellt, desgleichen werden auch nur eingeschaltete beim Erstellen eines Plotfiles berücksichtigt. Eine Anwendung ist z.B. das Erstellen einer Platine. Zum Zeichnen der Leiterbahnen auf Vorder- und Rückseite kann die Darstellung der jeweils anderen ausgeschaltet werden. Zur Überprüfung der richtigen Anschlüsse jedoch können wieder beide Seiten dargestellt werden. Zum Ausdrucken können wiederum, um je ein Layout für Vorder- und Rückseite anzufertigen, zwei getrennte Plotfiles angelegt werden.

Eingefrorene Layer werden vor allem bei umfangreichen Zeichnungen eingesetzt. Hierbei muß die Arbeitsweise des objektorientierten Programms aber berücksichtigt werden. Eine Änderung des Bildschirmausschnitts (Befehl *Zoom*) oder ein Verschieben erfordert ein Regenerieren der Bildschirmdarstellung, die z.B. bei den Übersichtszeichnungen im Anhang C (K2000.00 Bl. 1-6) auf dem PC 386-20 ca. 1-2 min., auf der Workstation 2000 dagegen längere Zeit in Anspruch nimmt.

Hierbei zeigt sich der Unterschied in der Behandlung ausgeschalteter bzw. eingefrorener Layer. Ausgeschaltete werden zwar nicht dargestellt, ihre Bildschirmkoordinaten

jedoch trotzdem berechnet. Dies ist bei einigen Anwendungen vorteilhaft, was aber nicht beschrieben werden soll. Verbreiteter ist dagegen das Einfrieren von Layer, der Prozeß der Regenerierung wird beschleunigt, da eingefrorene hierbei Layer übergangen werden. Beispiele sind die oben erwähnten Übersichtszeichnungen. Sie bestehen aus ca. 60 Layer, jedes Einzelteil der Streukammer befindet sich auf einem eigenen. Durch Einfrieren der zum Zeichnen gerade nicht benötigten entfallen die langen Wartezeiten beim Regenerieren der Zeichnung.

Die zweite Eigenschaft von AutoCAD, die beschrieben werden soll, ist das automatische Erstellen von Dimensionierungen. Betrachten wir hierzu in Abb. B.1 das

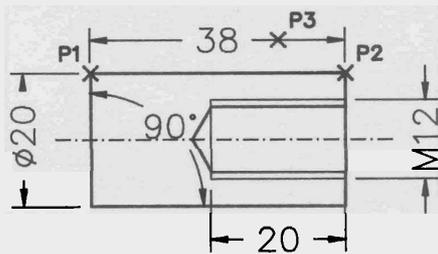


Abb. B.1: Ausschnitt aus Bl. 17 von Zeichnung K2000.31 im Anhang C als Beispiel für automatisches Dimensionieren.

Erstellen einer horizontalen Dimensionierung (die Länge 38.0). Sie wird durch die Angabe der beiden Ausgangspunkte P1 und P2 sowie des Punktes P3, der die Position der Maßlinie festlegt, erstellt. Daraufhin berechnet AutoCAD den Abstand beider Ausgangspunkte (bei horizontalem Modus die Differenz der x-Koordinaten). Dieser Text wird dann als Maßtext dargestellt, kann jedoch auch durch einen eigenen überschrieben werden, wie z.B. bei der metrischen Bemaßung M12.

Die Darstellung der Bemaßung kann durch eine Vielzahl von Variablen manipuliert werden. Sie regeln die Texthöhe, seine Position über der Maßlinie sowie die Ausrichtung des Maßtextes. Sie bestimmen auch den Abstand zwischen Ausgangspunkt und Beginn einer Maßhilfslinie sowie deren Höhe über der Maßlinie. Die Größe der Maßpfeile kann variiert werden, wahlweise können diese auch durch Maßpunkte oder vom Benutzer definierte Begrenzer ersetzt werden. Darüberhinaus besteht auch die Möglichkeit, einen Winkel zwischen zwei Linien zu bemaßen.

Abschließend werden die 3D-Fähigkeiten beschrieben. AutoCAD kennt keine dreidimensionalen Zeichnungselemente wie z.B. Kugeln, Würfel oder Kegel, es existieren also keine Listeneinträge in der Form eines Zeichnungselements Kugel mit Angabe des Mittelpunktes und des Radius. Auch können Elemente in der Version 9 von AutoCAD nur auf der xy-Ebene plaziert werden, es ist also nicht möglich in einer Zeichnung Elemente auf zwei zueinander geneigten Ebenen zu plazieren. Die Version 10 (installiert auf der Workstation 3100) kennt aber den Begriff des Benutzer-Koordinatensystems. In diesem kann der Benutzer die Orientierung des aktuellen Koordinatensystems verändern, so daß z.B. auf die beiden Dachhälften eines gezeichneten Hauses je ein Kreis gezeichnet werden kann, indem auf das jeweilige Koordinatensystem der Dachhälfte gewechselt wird.

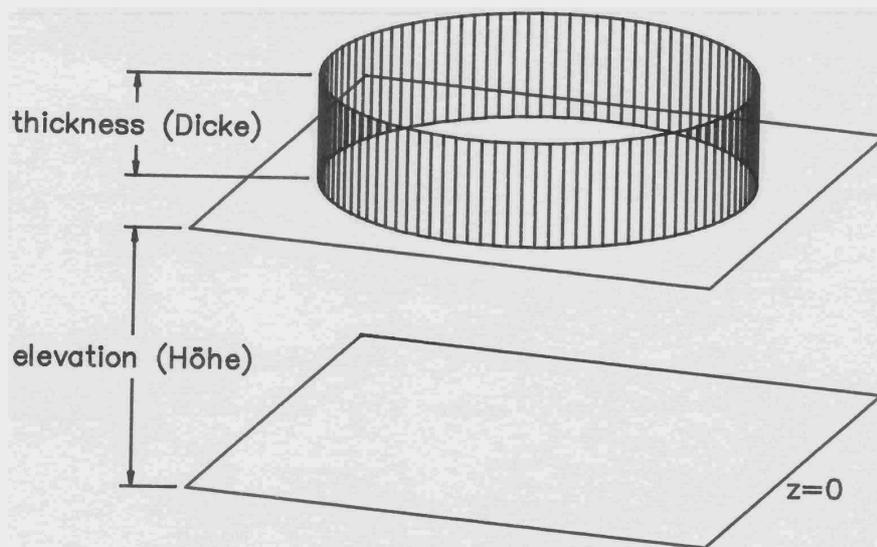


Abb. B.2: Darstellung der Wirkung einer Zuweisung von Höhe und Dicke auf ein Zeichnungselement, im Beispiel ist dies ein Kreis.

Trotzdem muß beachtet werden, daß die einzigen 3D-Eigenschaften, die einem Zeichnungselement zugewiesen werden können, eine Höhe über der Zeichenebene sowie eine Dicke (in z -Richtung) sind. Die Folgen einer solchen Zuweisung sind in Abb. B.2 dargestellt. Komplexere Objekte können mittels des Befehls 3D-Face erstellt werden. Ein 3D-Face (im folgenden Fläche genannt) ist eine (nicht notwendigerweise ebene) Fläche, die durch drei oder vier Punkte im Raum definiert ist. Eine Kugel kann also dargestellt werden durch eine Anzahl von Flächen, die in ihrer Gesamtheit eine Kugel bilden. AutoCAD 10 kennt den Begriff des Netzes (Mesh), der Flächen, die ein dreidimensionales Objekt bilden, zu einer Einheit zusammenfaßt, auf die dann einige Editierbefehle anwendbar sind. Es stellt auch Funktionen zur Verfügung, die das Zeichnen von einfachen geometrischen Figuren, wie z.B. Kreise, Kegel oder Tori, vereinfachen. Diese gezeichneten Netze tragen aber keine Informationen, die auf den Typ des Objekts oder dessen Eigenschaften wie z.B. Radius verweisen, sie bestehen lediglich aus einer bestimmten Anzahl von Flächen.

Anhang C Konstruktionszeichnungen

Die folgenden Einzelzeichnungen sind in drei Blöcke zusammengefaßt, deren Zusammenstellung sich im Laufe der Arbeit entwickelt hat und sicherlich heute anders erfolgen würde.

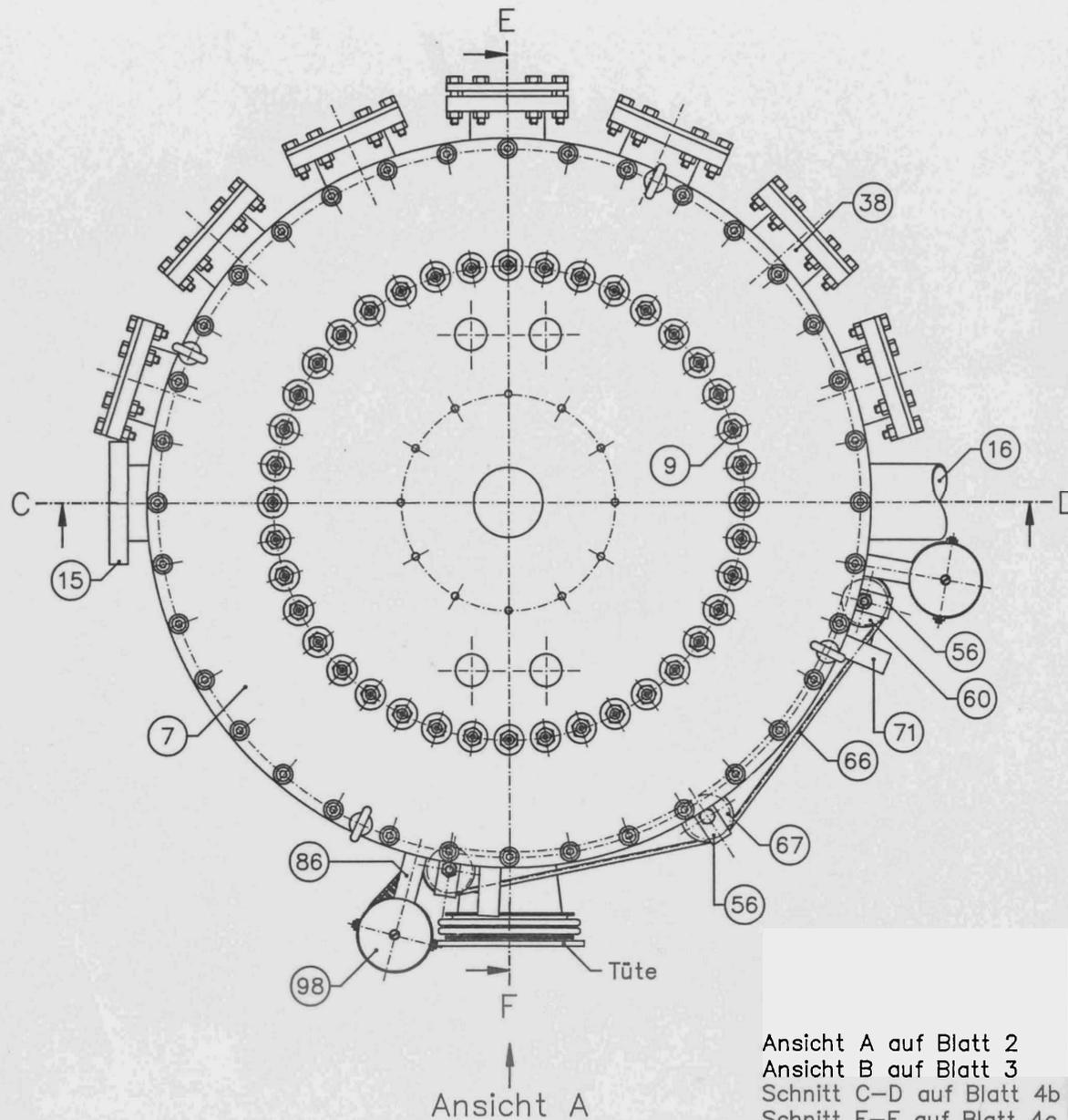
Die Serie K2000.xx umfaßt die Zeichnungen zur Konstruktion der Kammer und die des „Sliding Seal“. Die Tüte hat eine eigene Zählung erhalten, T2000.xx, da deren Konstruktion, obwohl Tüte und Seal letztendlich verklebt werden, unabhängig von der des Bandes begonnen wurde. Der Unterbau der Streukammer erhielt eine eigene Seriennummer, F2000.xx.

Sämtliche Zeichnungen wurden im Format A4 oder A3 erstellt, so daß sie auf im Hause vorhandenen Plottern ausgegeben werden konnten. Zum Einbinden in die Arbeit wurden die DIN A3-Zeichnungen auf A4 verkleinert, um diese Sammlung, die nur als schneller Überblick gedacht ist, in einem handlichen Format zu belassen. Bei den verkleinerten Zeichnungen, die am kleineren Schriftfeld unten rechts zu erkennen sind, muß der angegebene Maßstab noch mit einem Faktor 0.7 multipliziert werden.

Zusätzlich wurden noch zwei Sammelmappen angelegt, in denen sich sämtliche Zeichnungen im Originalformat befinden. Diese können als Arbeitsgrundlage verwendet werden, wie auch die auf Diskette bzw. Magnetband abgelegten Zeichnungsdateien.

Stückliste

Pos.	Anz.	Einh.	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
1	1	Stk.	Kammerforus	ϕ_i 584; ϕ_a 634 x 476	V2A-Stahl
2	2	"	Anschweißring	ϕ_i 584; ϕ_a 674 x 12	"
3	2	"	Isolationsring I	ϕ_i 584; ϕ_a 608 x 7	Trovidur
4	2	"	Isolationsring II	ϕ_i 628; ϕ_a 674 x 7	"
5	44		Senkschraube m. Schl.	M4 $l=10$	
6	2	"	O-Ring	O 608x10-BL-BN170	NBR
7	1	"	Deckel	ϕ 674 x 20	V2A-Stahl
8	4	"	LEMO-Vakuumstecker	RAV 4E310	
9	40	"	BNC-Vakuumdurchführung	BNC 50-0-6/100	
10	1	"	Boden	ϕ 674 x 20	V2A-Stahl
11	1	"	Anschweißring	DN 150 CF	"
12	2	"	Anschweißring	DN 35 CF	"
13	72	"	Isolationshülse I		Trovidur
14	72	"	Zyl.schraube m. 2 Sch. + Mutter	M8 $l=35$	
15	1	"	Anschweißflansch, drehbar	DN 63 CF	V2A-Stahl
16	1	"	Anschweißrohr	ϕ_i 66; ϕ_a 70; $l=400$	"
17	4	"	Karabineröse	M8	
21	2	"	Kugellagererring	ϕ_i 610; ϕ_a 636 x 33	V2A-Stahl
22	4	"	Verbindungsplatte		"
23	32	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M4 $l=10$	
24	2	"	Franke-Wälzlager	LE 613-3-3-11NBK	
25	72	"	Isolationshülse II		Trovidur

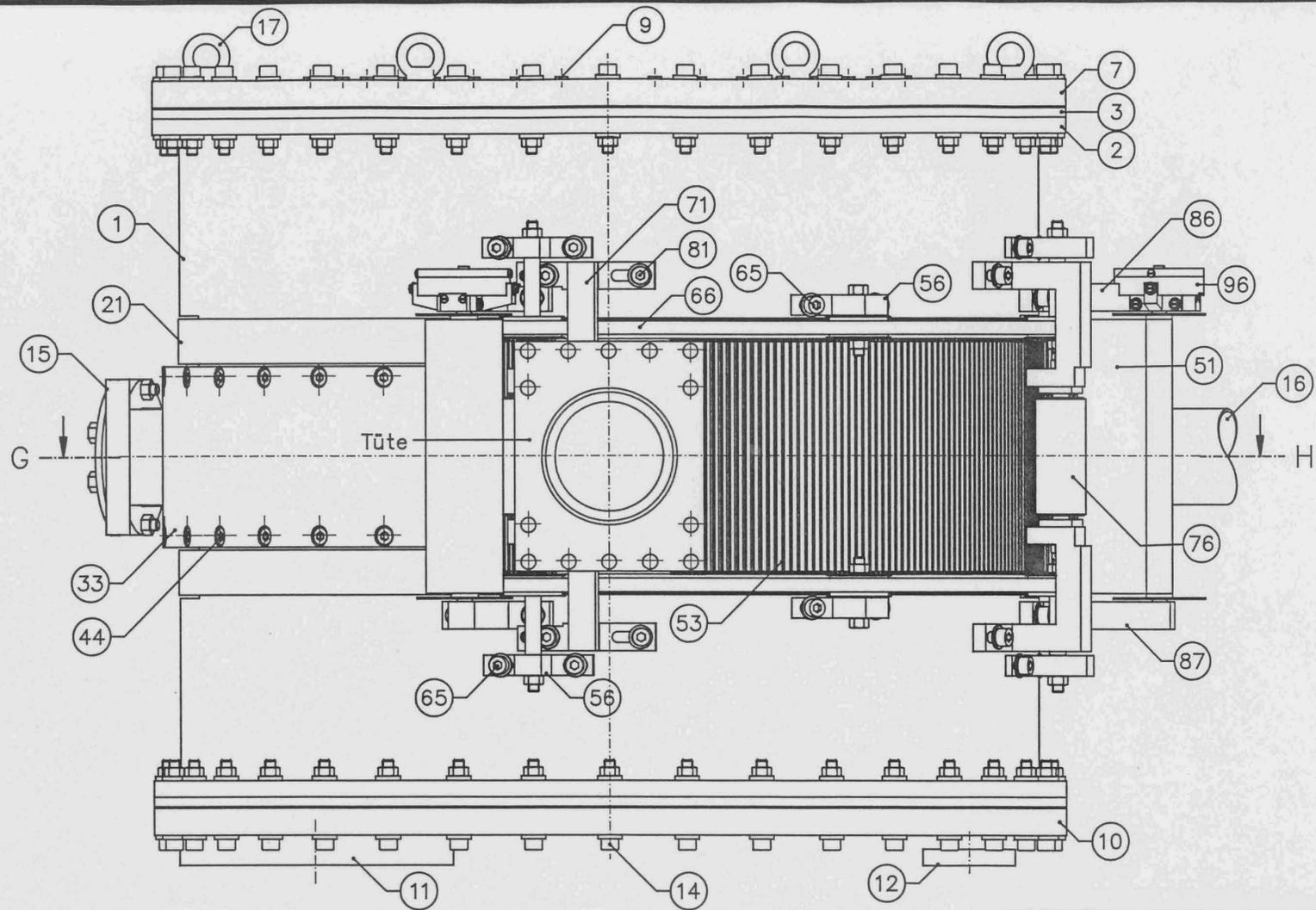


← Ansicht B

Ansicht A auf Blatt 2
 Ansicht B auf Blatt 3
 Schnitt C-D auf Blatt 4b
 Schnitt E-F auf Blatt 4c

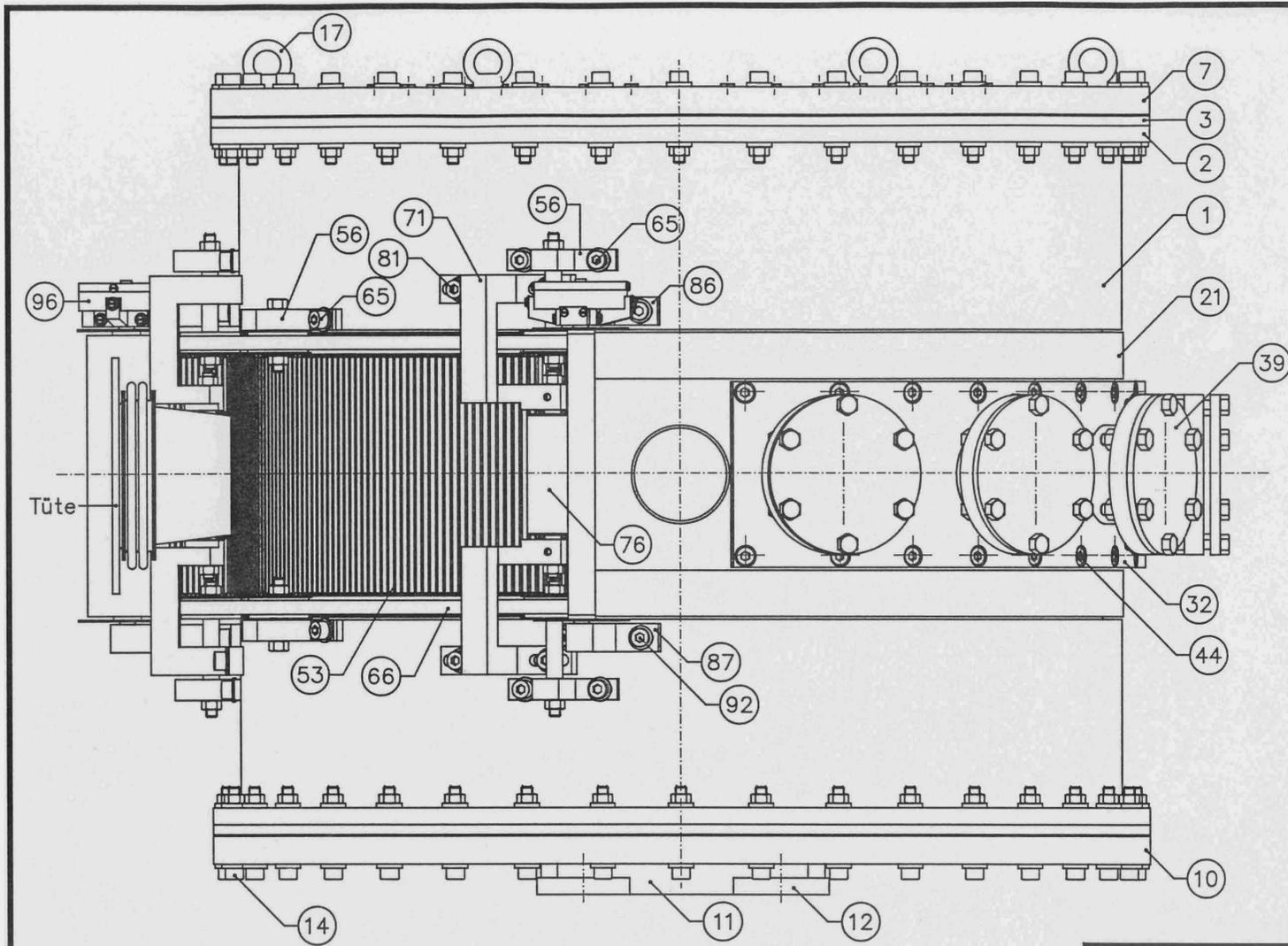
Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Streukammer		
Werkstoff:	Maßstab: 1: 4	File: ANSICHTA
Zeichn.Nr.: K2000.00	Blatt: 1	Datum: 02.10.89 10: 55
Anmerkungen: Aufsicht Streukammer		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel	Rahtiefen nach DIN ISO 1302	

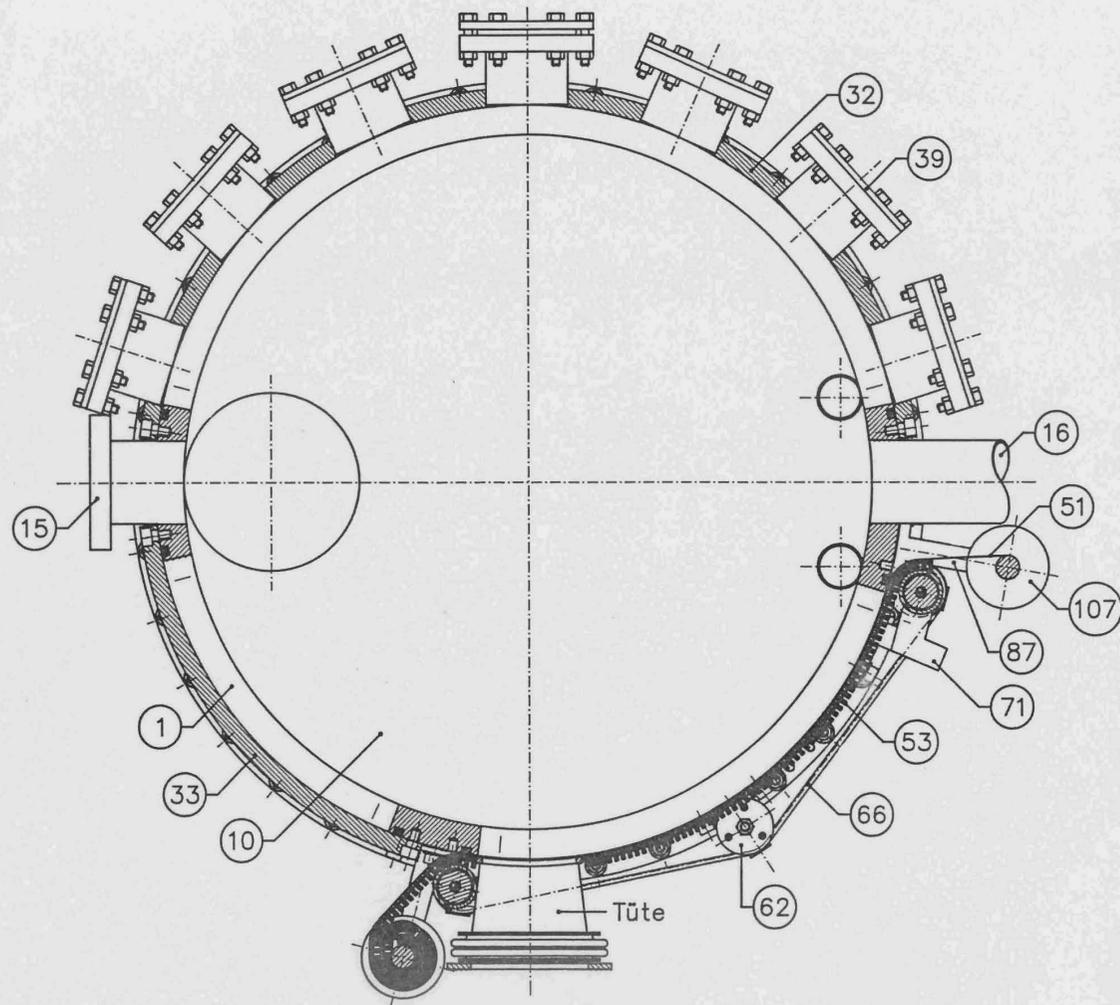


Schnitt G-H auf Blatt 4a

Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Streukammer		
Werkstoff:	Maßstab: 1:3	File: ANSICHTS
Zeichn.Nr.: K2000.00	Blatt: 2	Datum: 02.10.89 11:40
Anmerkungen: Ansicht A von Blatt 1		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Streukammer		
Werkstoff:	Maßstab: 1:3	File: ANSICHTV
Zelchn.Nr.: K2000.00	Blatt: 3	Datum: 02.10.89 11:08
Anmerkungen: Ansicht B von Blatt 1		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Streukammer

Werkstoff:

Maßstab: 1: 4

File: SCHNITTA

Zeichn.Nr.: K2000.00

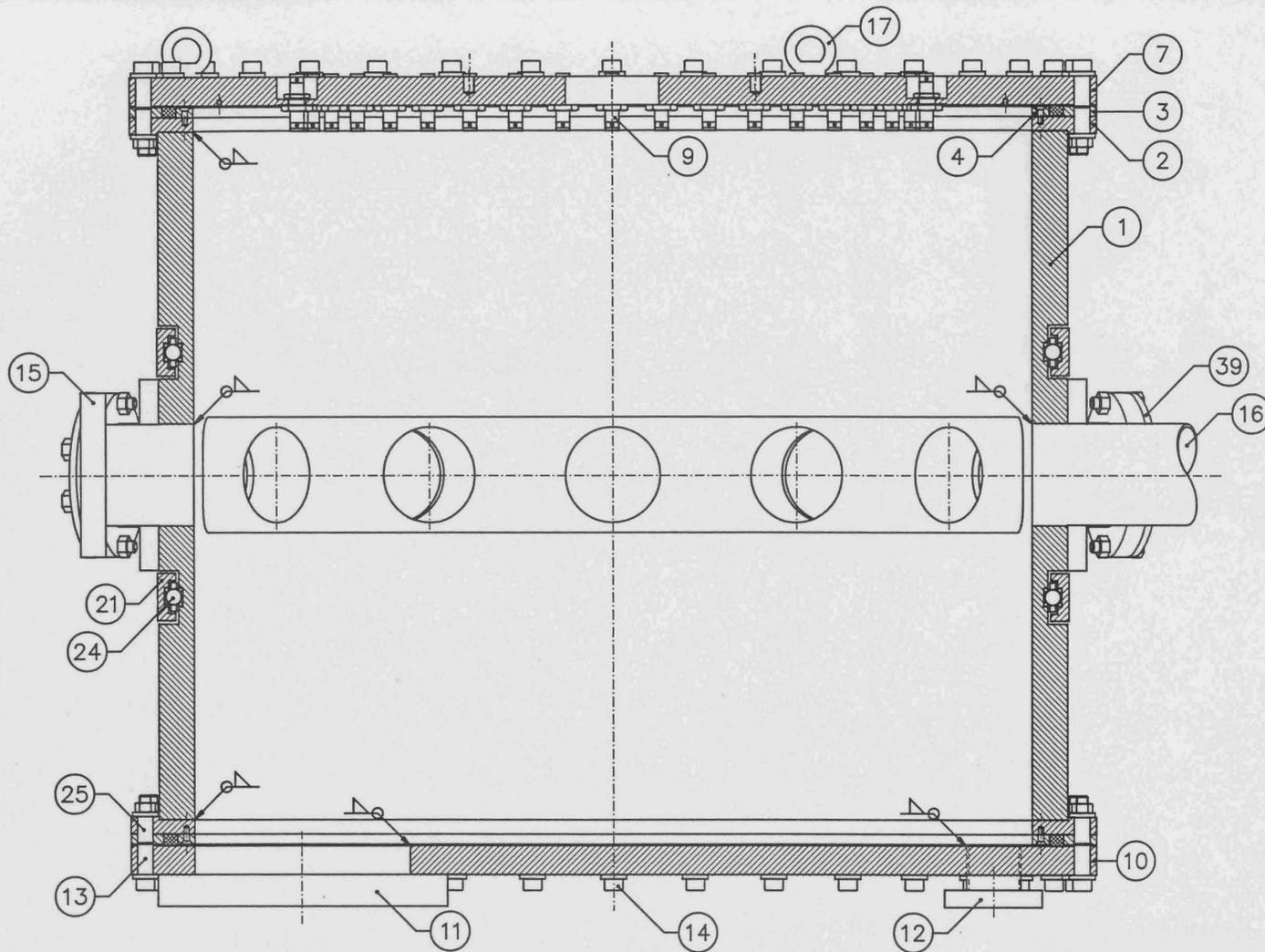
Blatt: 4a

Datum: 02.10.89 11: 36

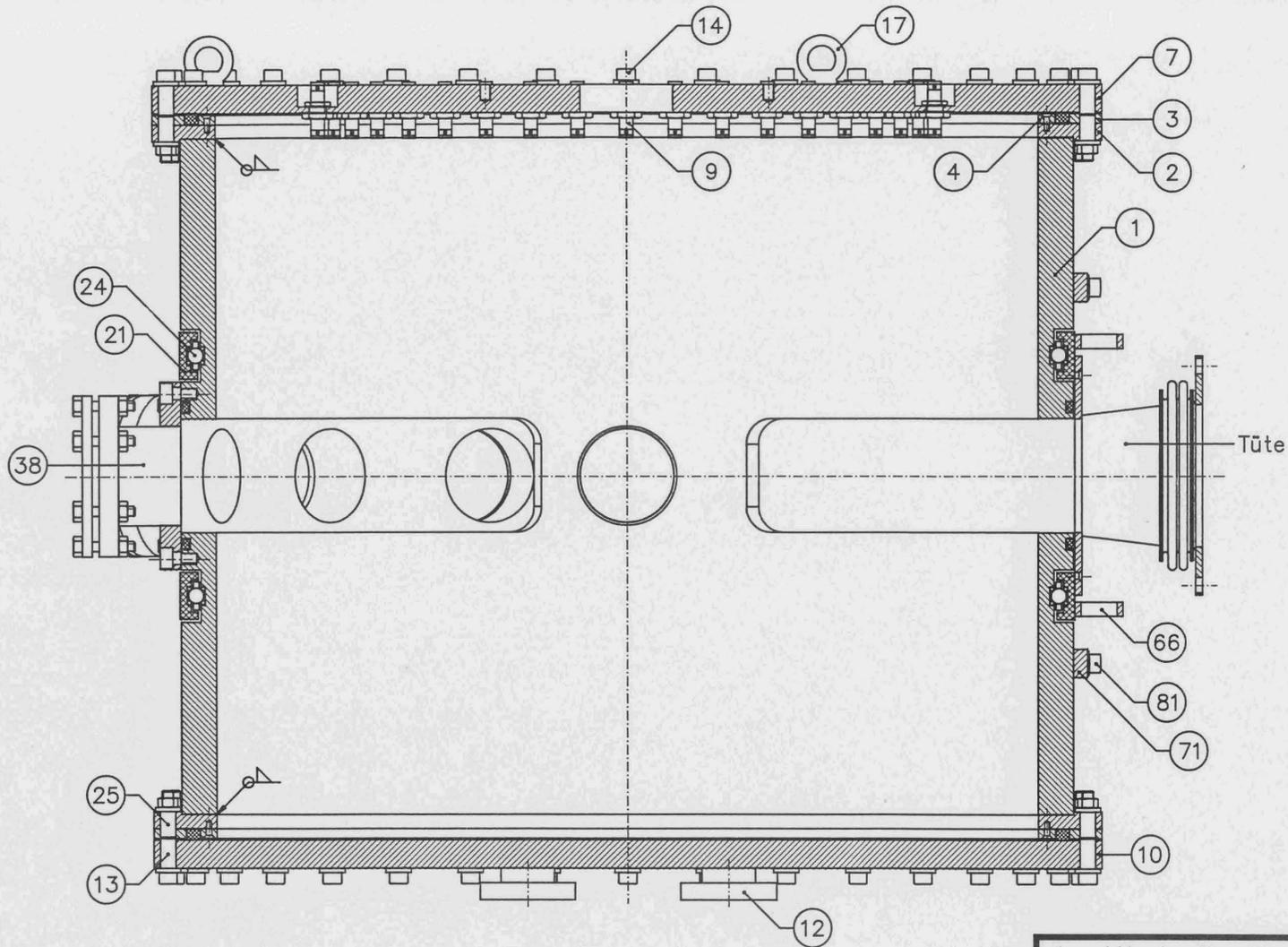
Anmerkungen: Schnitt G-H von Blatt 2

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

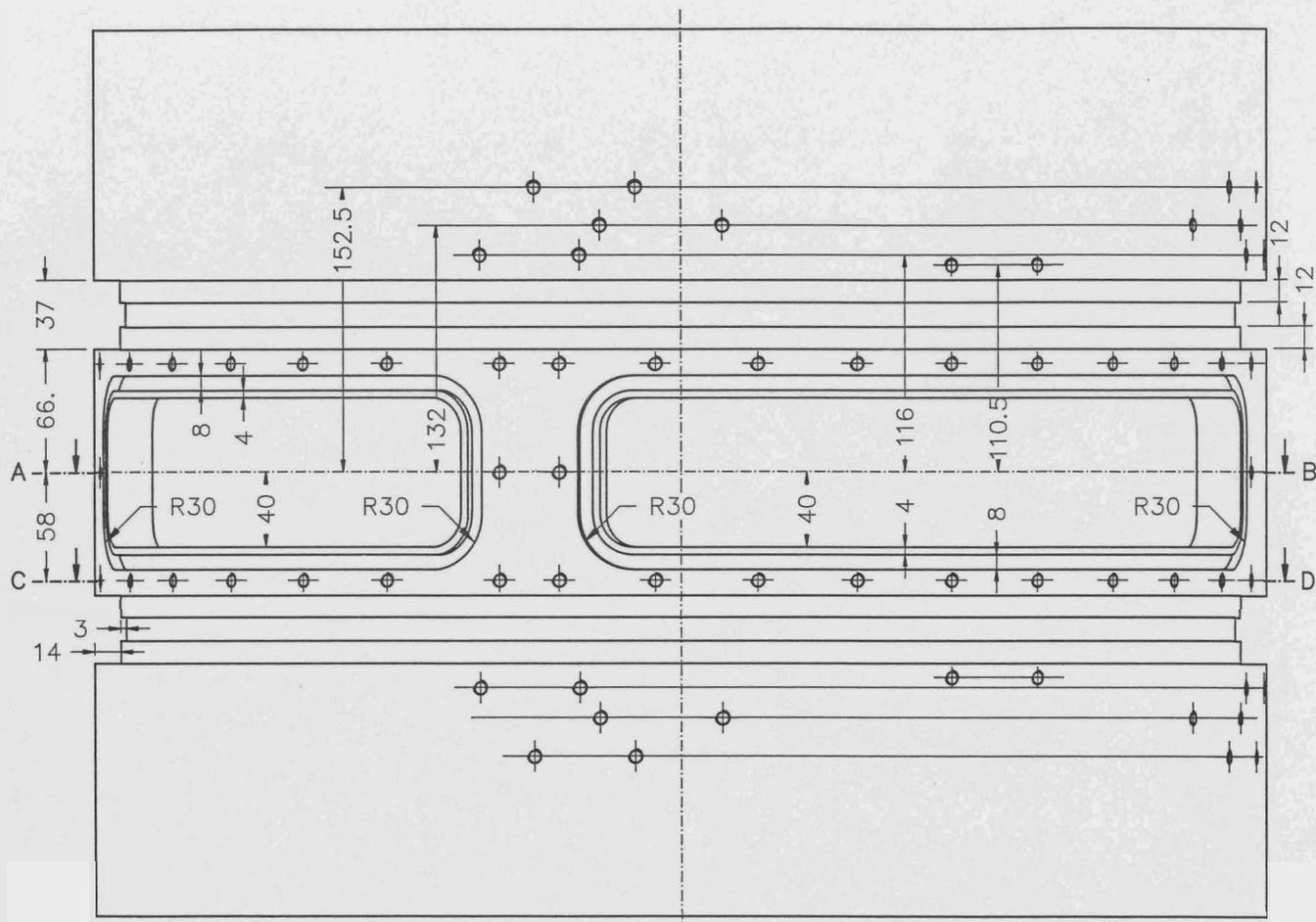
Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Streukammer		
Werkstoff:	Maßstab: 1:3	File: SCHNITTS
Zelchn.Nr.: K2000.00	Blatt: 4b	Datum: 02.10.89 13:03
Anmerkungen: Schnitt C-D von Blatt 1		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

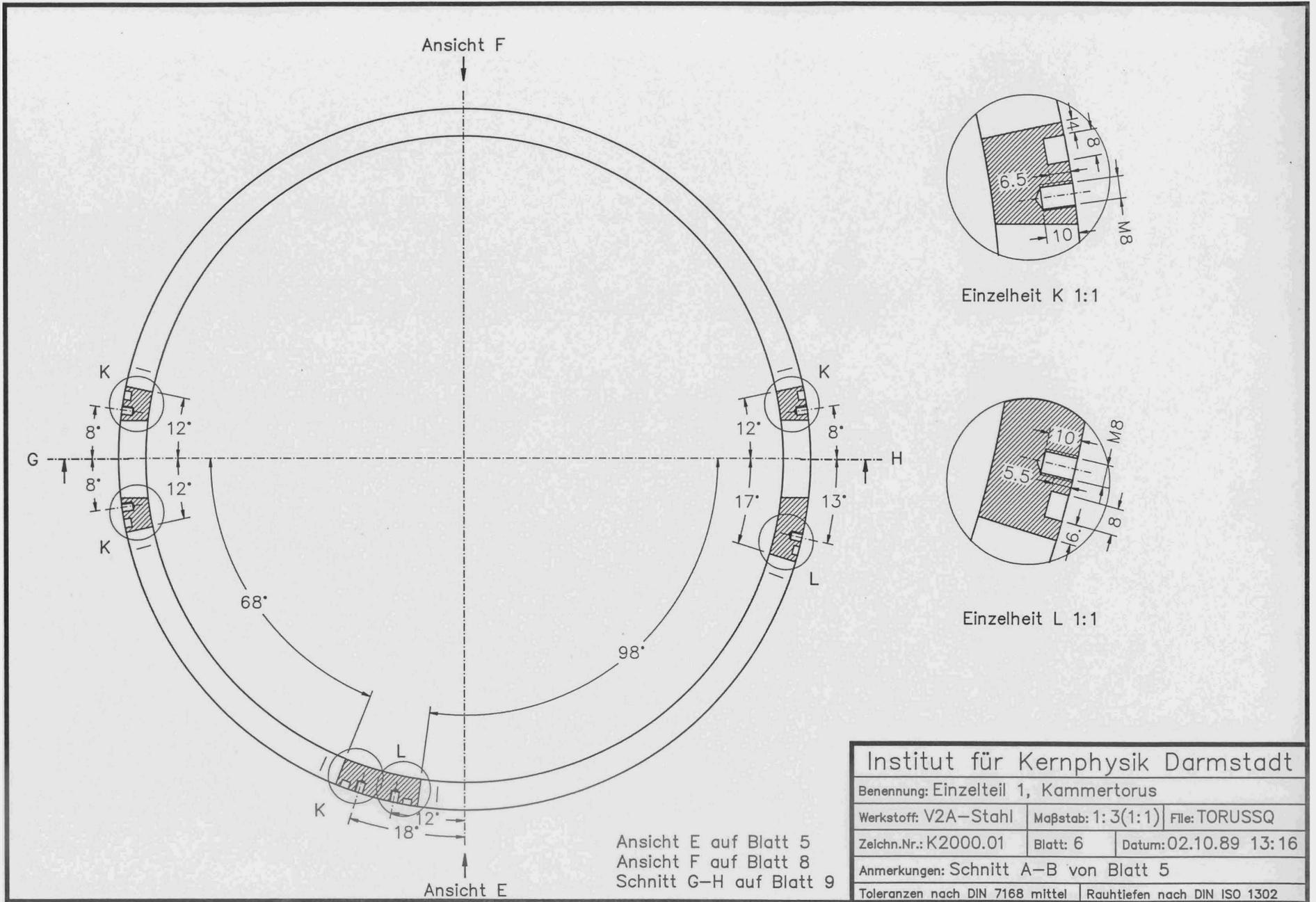


Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Streukammer		
Werkstoff:	Maßstab: 1: 3	File: SCHNITTV
Zeichn.Nr.: K2000.00	Blatt: 4c	Datum: 29.09.89 15: 54
Anmerkungen: Schnitt E-F von Blatt 1		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



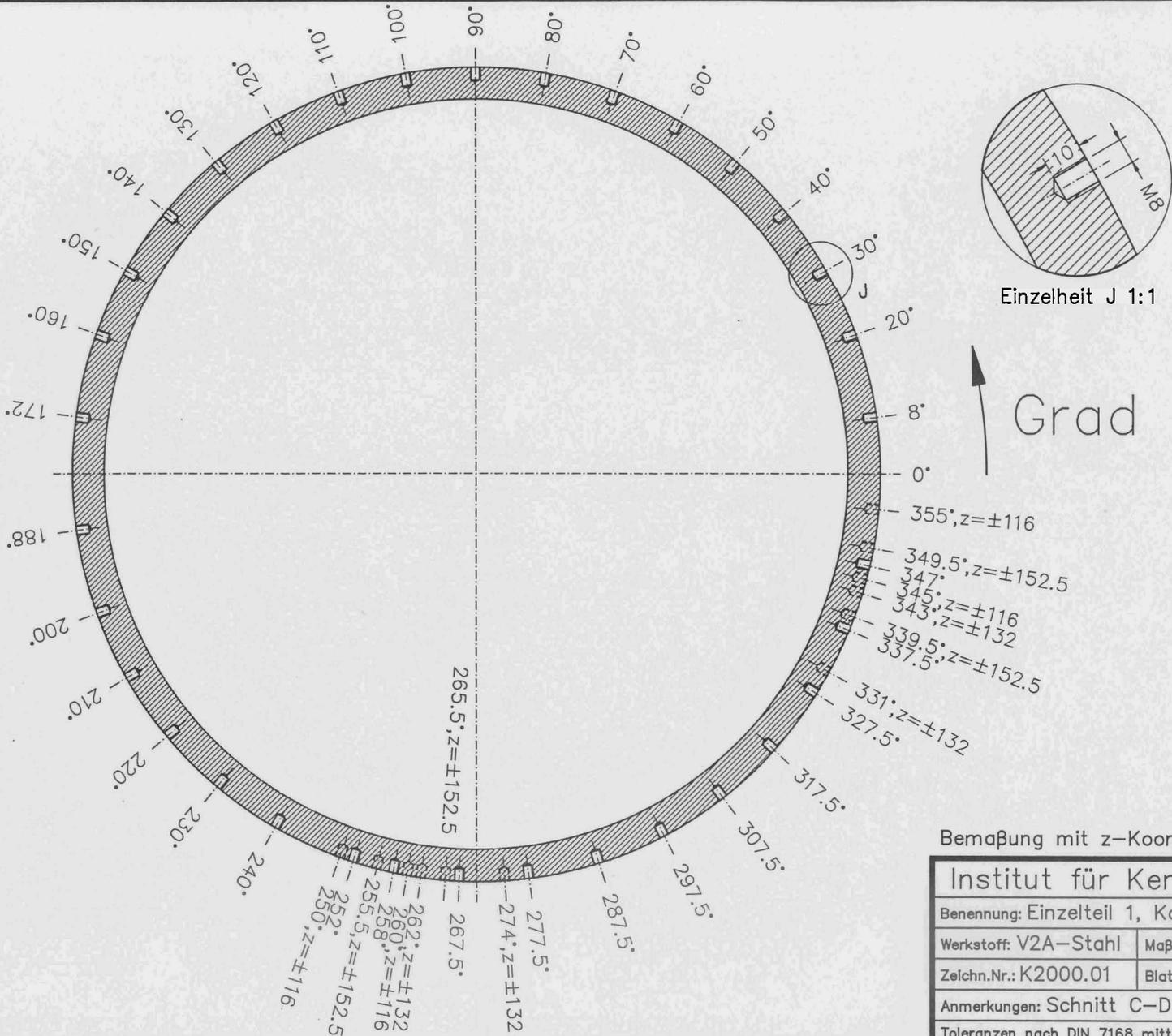
Schnitt A-B auf Blatt 6
 Schnitt C-D auf Blatt 7

Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 1, Kammertorus		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:2.5	File: TORUSAV
Zeichn.Nr.: K2000.01	Blatt: 5	Datum: 21.11.89 07:06
Anmerkungen: Ansicht E von Blatt 6		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rautiefen nach DIN ISO 1302



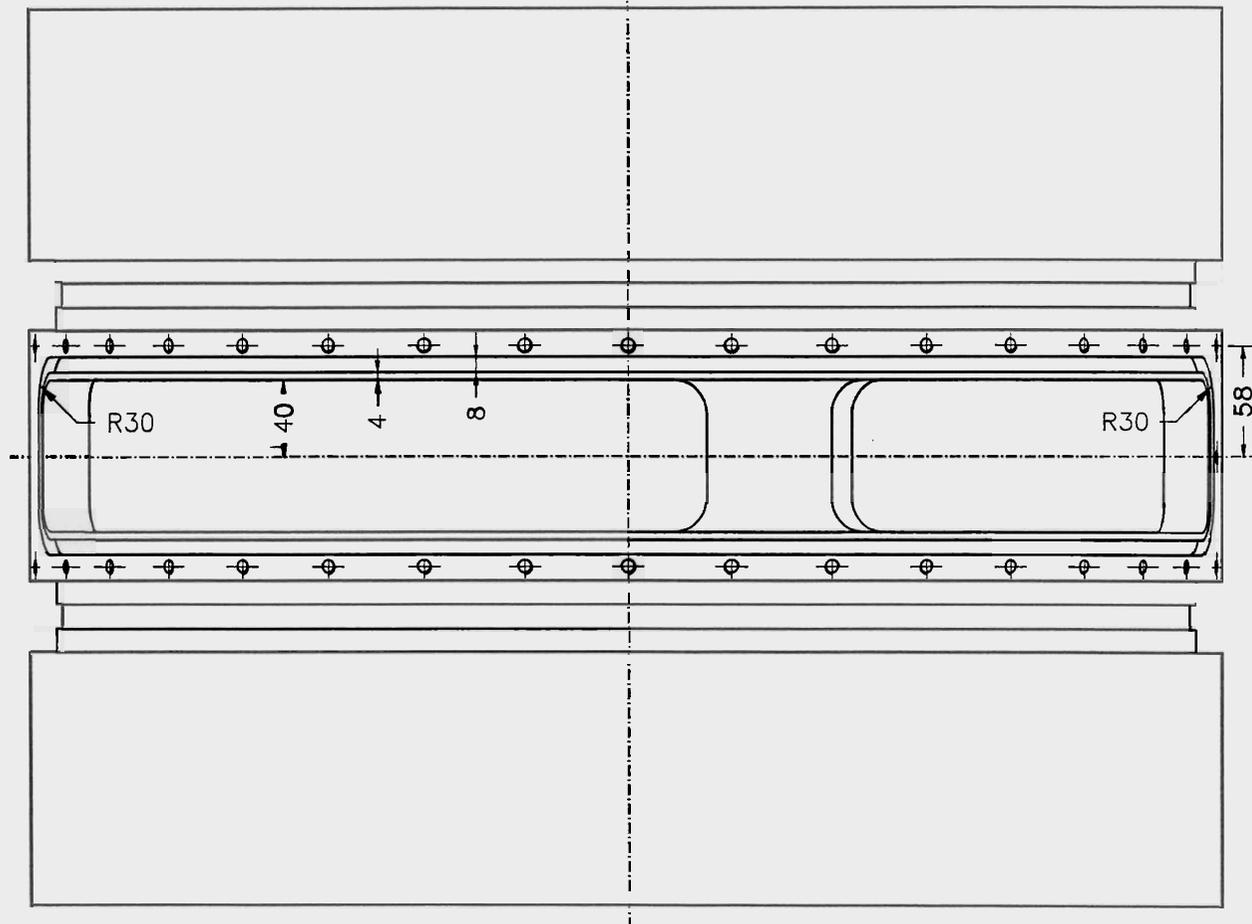
Ansicht E auf Blatt 5
 Ansicht F auf Blatt 8
 Schnitt G-H auf Blatt 9

Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 1, Kammertorus		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:3(1:1)	File: TORUSSQ
Zeichn.Nr.: K2000.01	Blatt: 6	Datum: 02.10.89 13:16
Anmerkungen: Schnitt A-B von Blatt 5		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Bemaßung mit z-Koordinate: siehe auch Blatt 5!

Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 1, Kammertorus		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 3(1:1)	File: TORUSSQT
Zeichn.Nr.: K2000.01	Blatt: 7	Datum: 02.10.89 13:31
Anmerkungen: Schnitt C-D von Blatt 5		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302		



Institut für Kernphysik Darmstadt

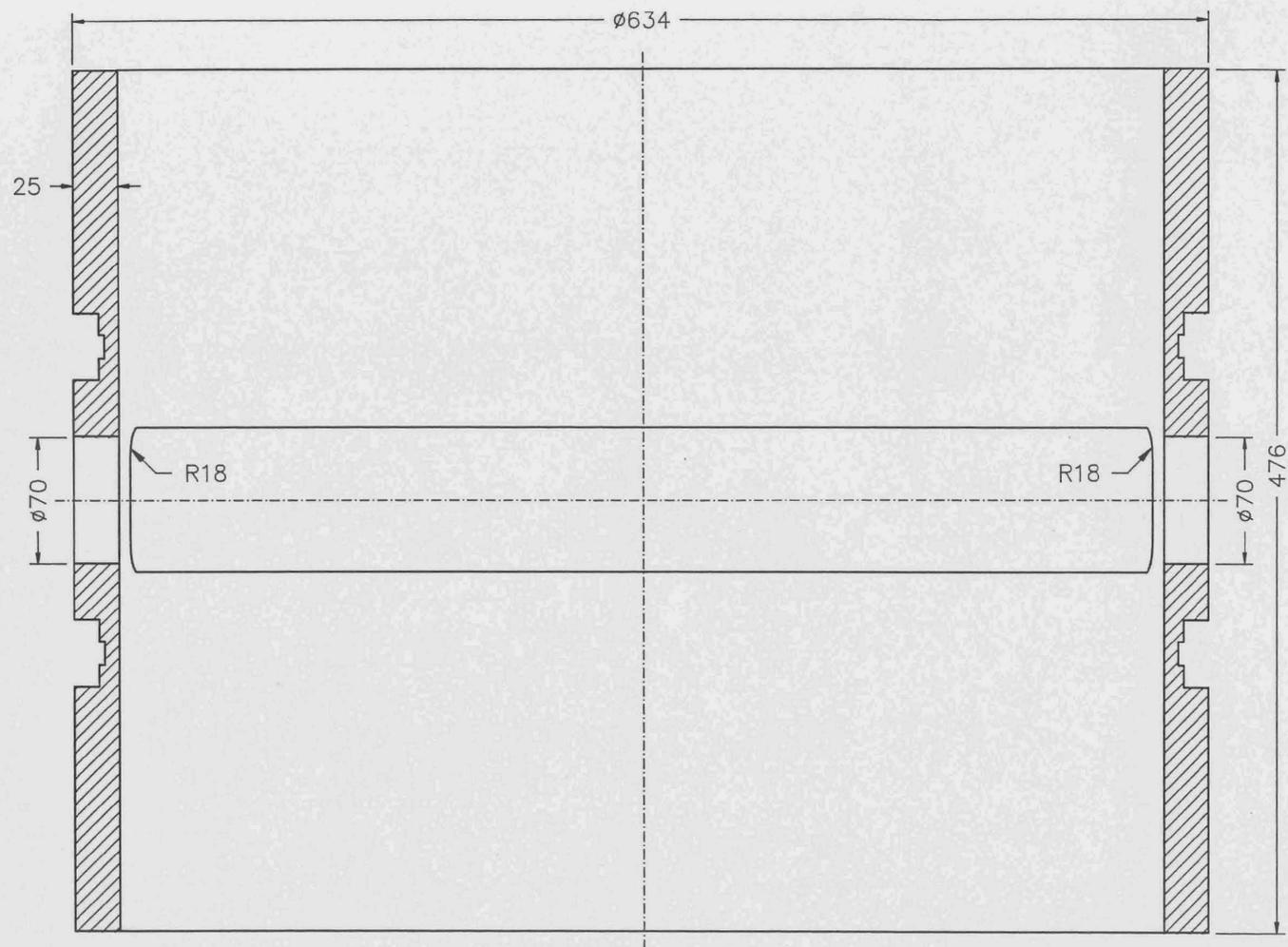
Benennung: Einzelteil 1, Kammertorus

Werkstoff: V2A-Stahl Maßstab: 1:2.5 File: TORUSAH

Zeichn.Nr.: K2000.01 Blatt: 8 Datum: 02.10.89 13:43

Anmerkungen: Ansicht F von Blatt 6

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 1, Kammertorus

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1: 2.5

File: TORUSSL

Zeichn.Nr.: K2000.01

Blatt: 9

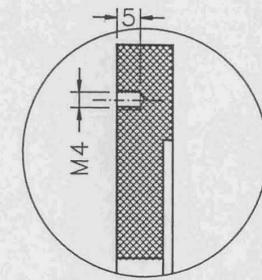
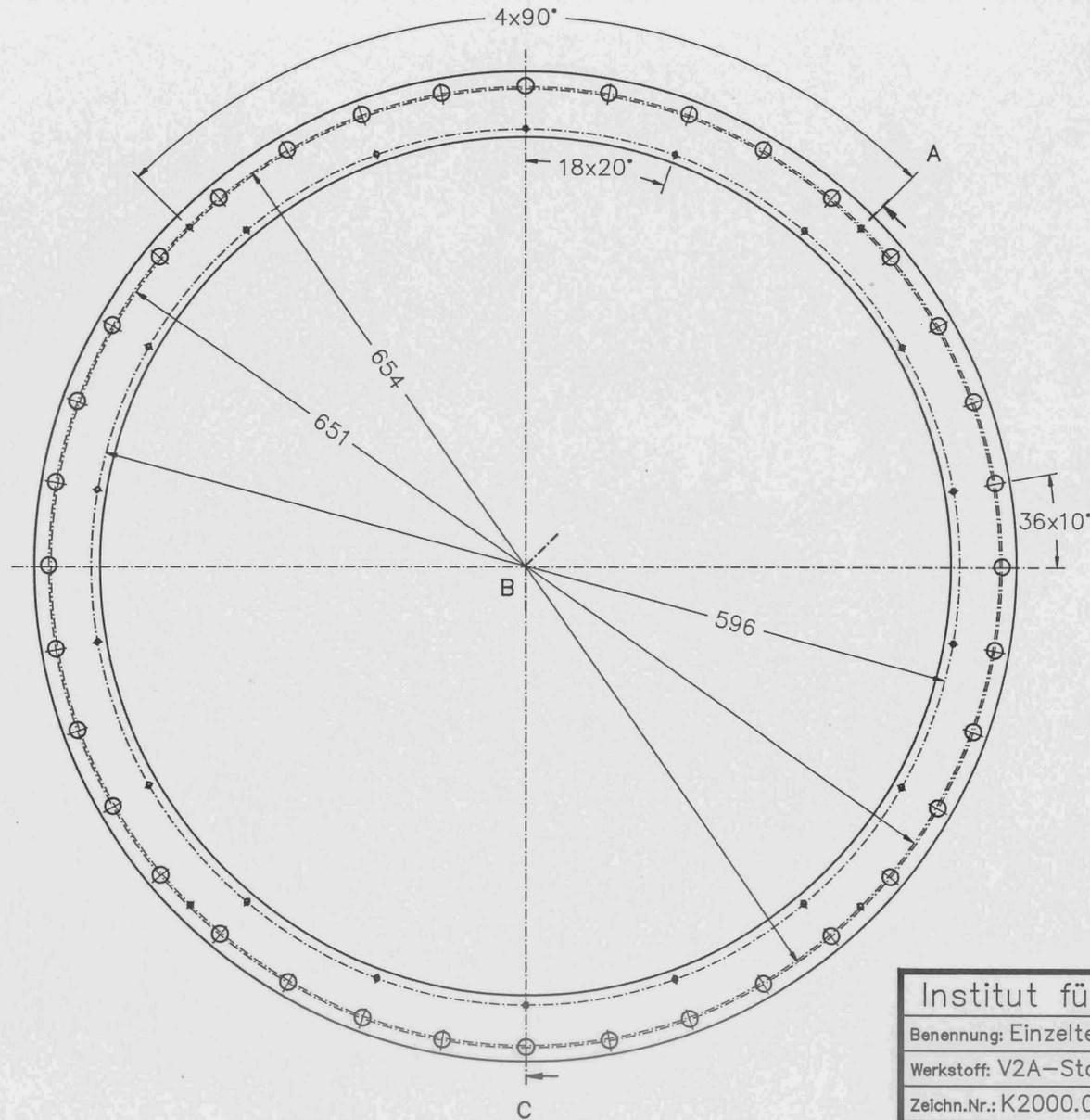
Datum: 02.10.89 13: 53

Anmerkungen: Schnitt G-H von Blatt 6

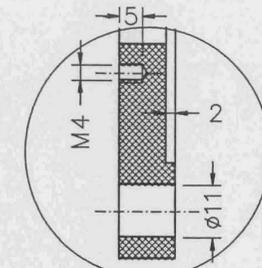
Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Schnitt A-C



Einzelteil D 1:1



Einzelteil E 1:1

Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 2, Abschlußring

Werkstoff: V2A-Stahl Maßstab: 1:3(1:1) File: RING

Zeichn.Nr.: K2000.02 Blatt: 10 Datum: 02.10.89 14:12

Anmerkungen: zwei Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Schnitt A-C

2.3x45°

Ø4.

7

Ø11

4x90°

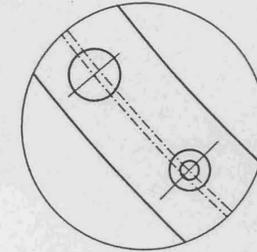
A

B

36x10°

D

674
654
651
628



Einzelheit D 1:1

Institut für Kernphysik Darmstadt

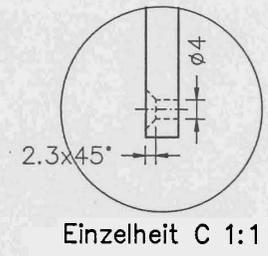
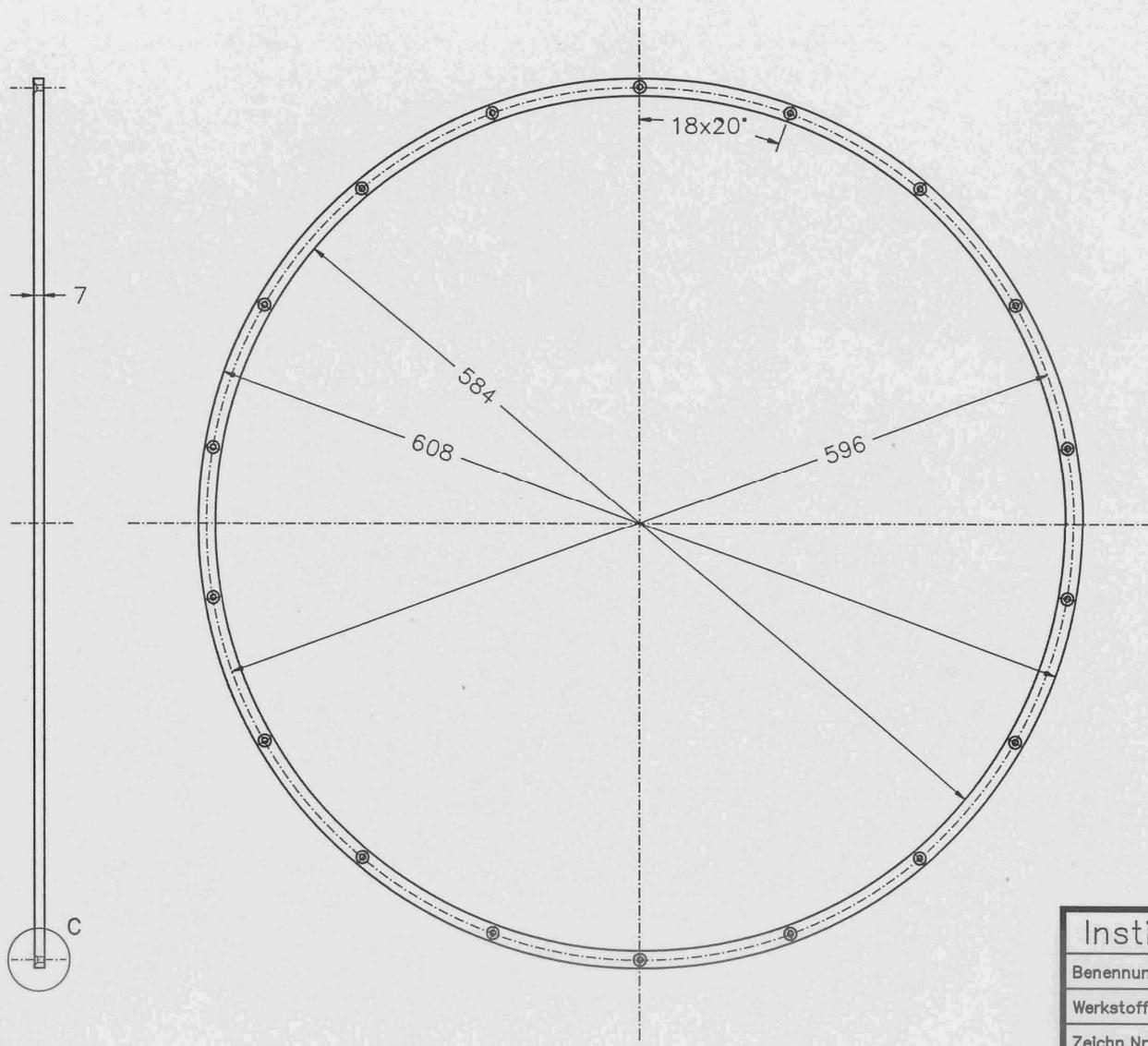
Benennung: Einzelteil 3, großer Isolationsring

Werkstoff: Trovidur Maßstab: 1: 3(1:1) File: ISORINGG

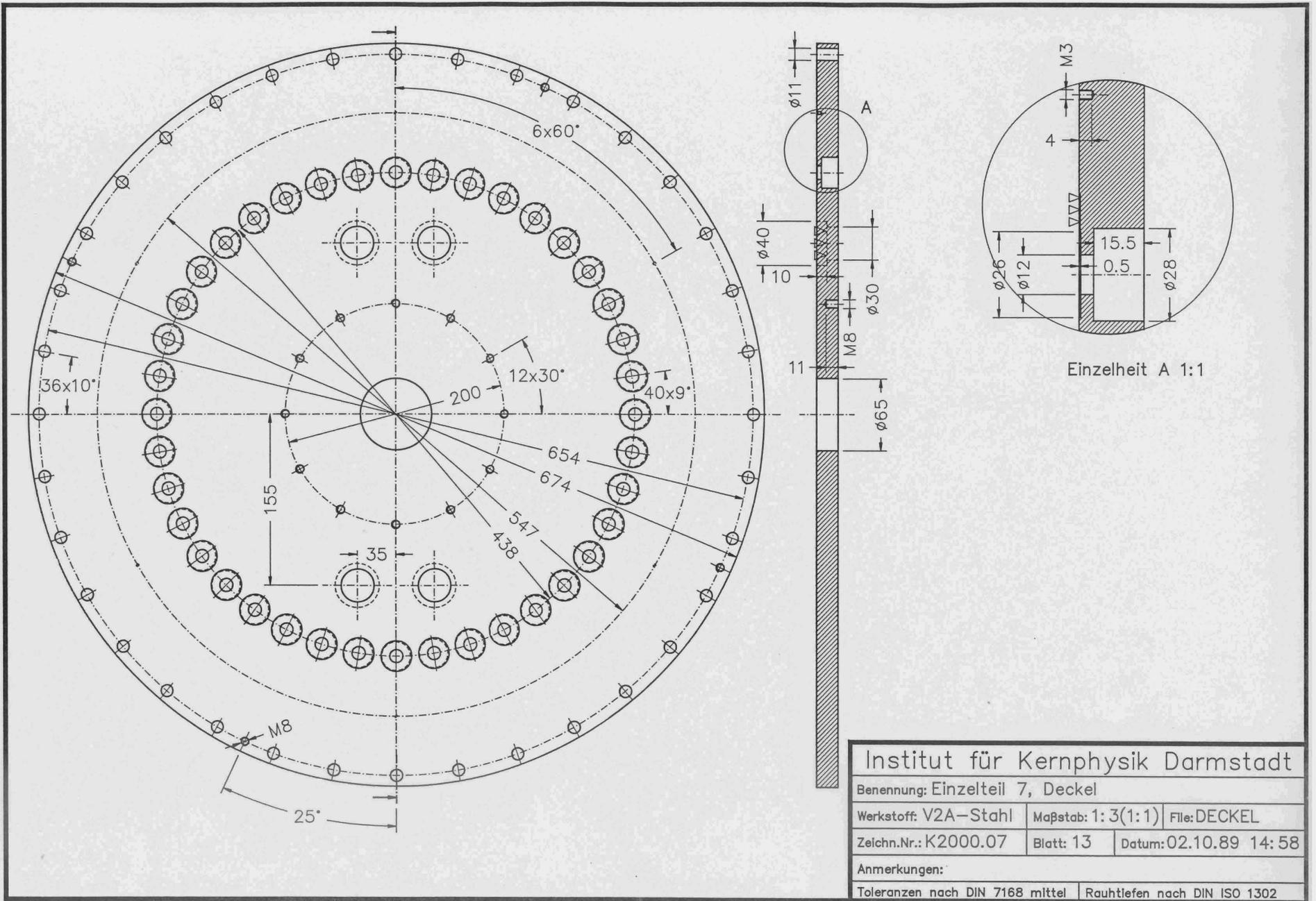
Zeichn.Nr.: K2000.03 Blatt: 11 Datum: 02.10.89 14: 25

Anmerkungen: zwei Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 4, kleiner Isolationsring		
Werkstoff: Trovidur	Maßstab: 1:3(1:1)	File: ISORINGK
Zeichn.Nr.: K2000.04	Blatt: 12	Datum: 02.10.89 14: 37
Anmerkungen: zwei Stück		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 7, Deckel

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:3(1:1)

File: DECKEL

Zeichn.Nr.: K2000.07

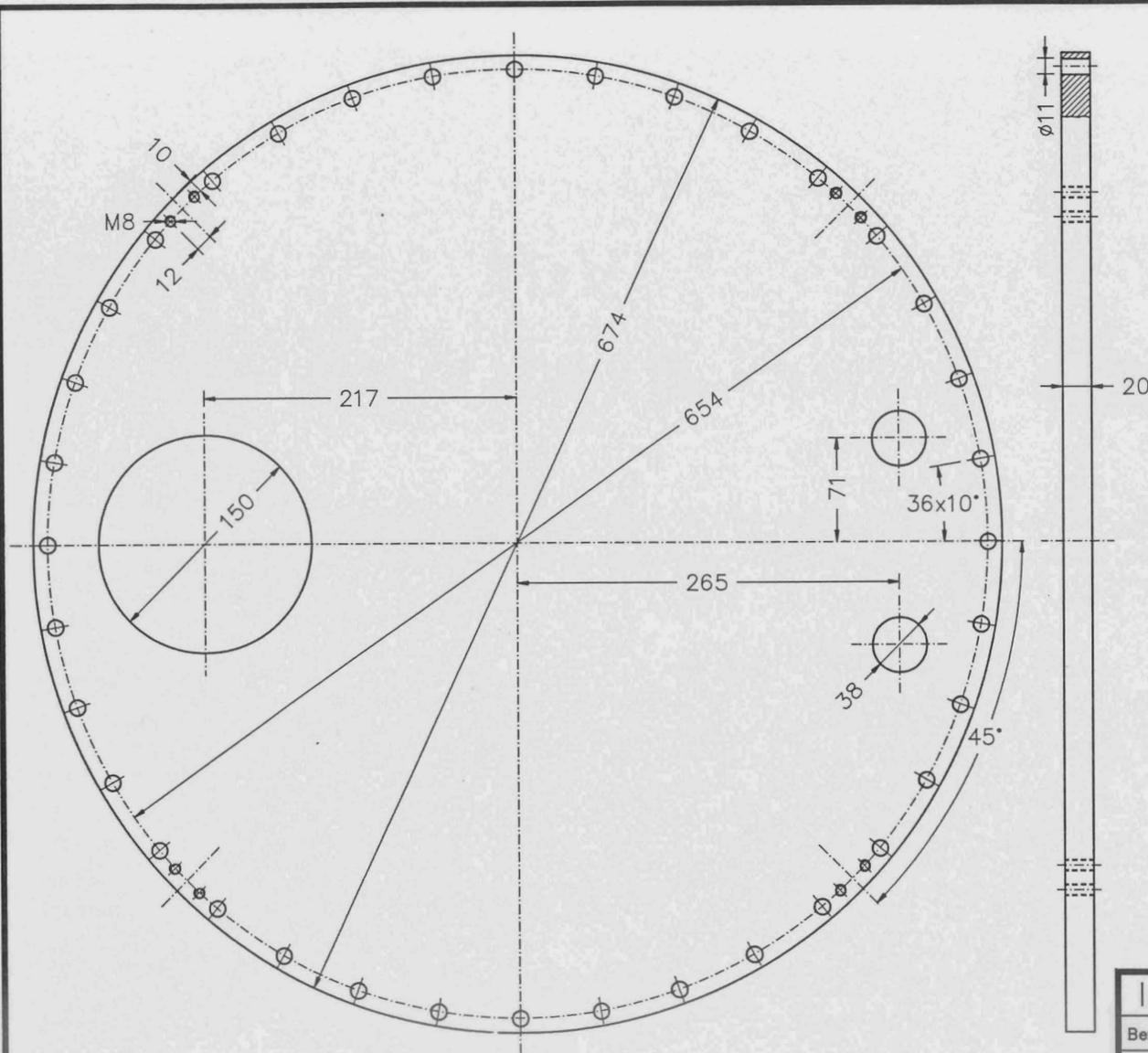
Blatt: 13

Datum: 02.10.89 14:58

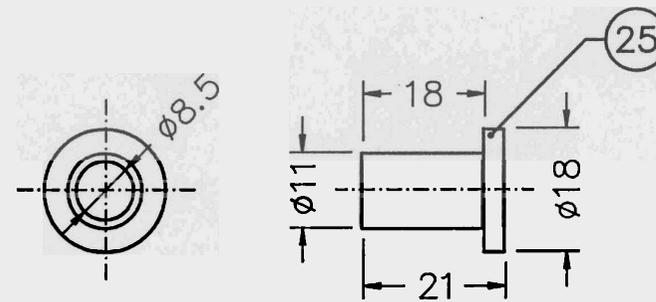
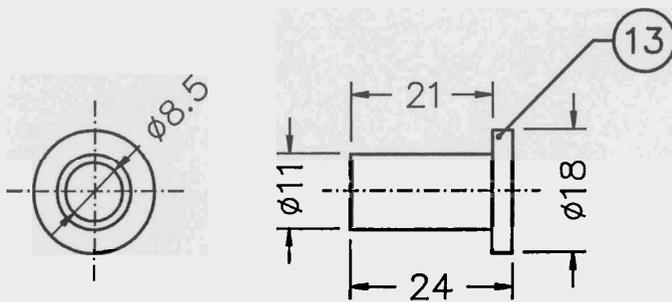
Anmerkungen:

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 10, Boden		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:3	File: BODEN
Zelchn.Nr.: K2000.10	Blatt: 14	Datum: 02.10.89 15:06
Anmerkungen:		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteile 13 und 25, Isolationshülsen

Werkstoff: Trovidur

Maßstab: 1:1

File: ISOHUELSE

Zeichn.Nr.: K2000.13

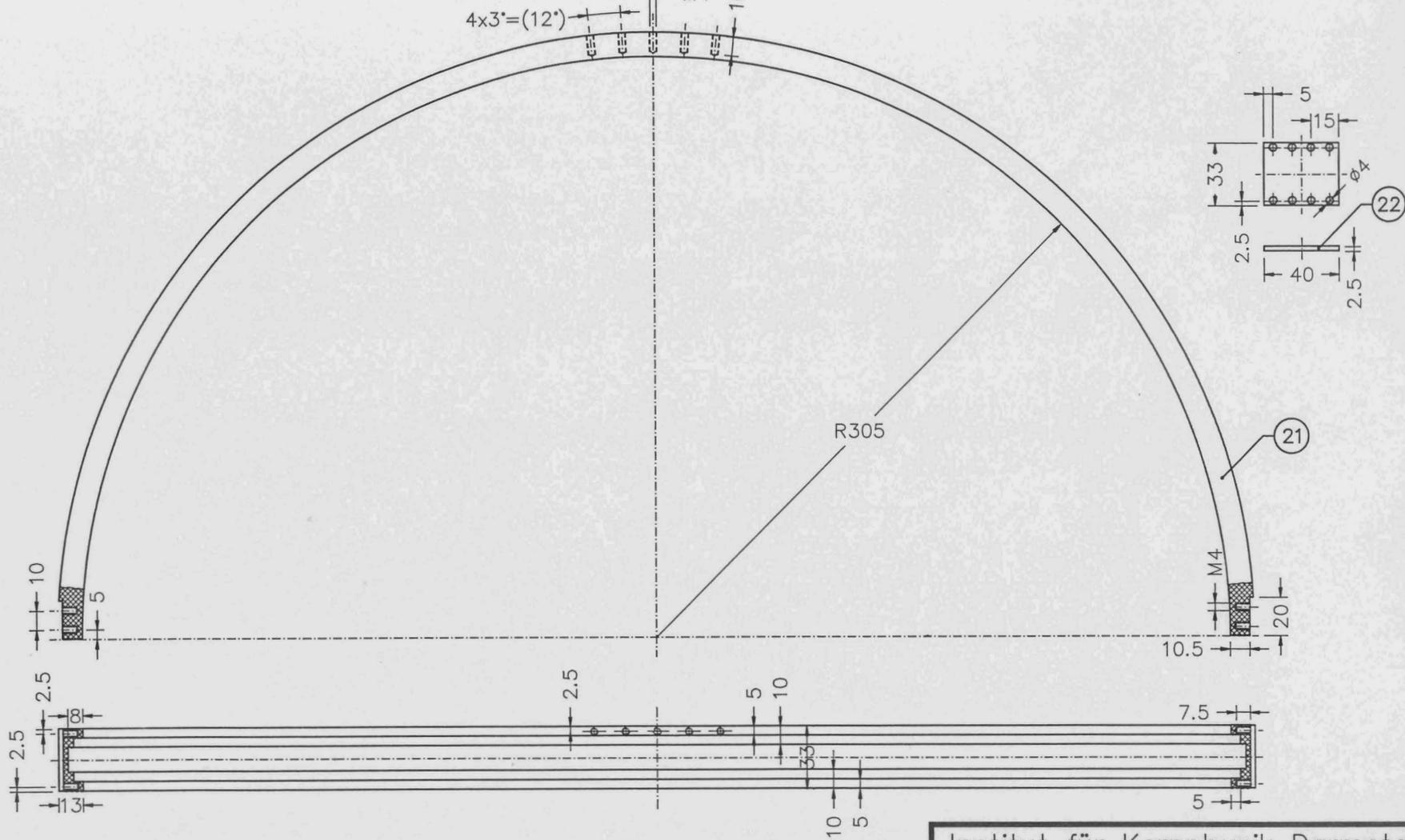
Blatt: 15

Datum: 02.10.89 17:49

Anmerkungen: je Einzelteil 36 Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

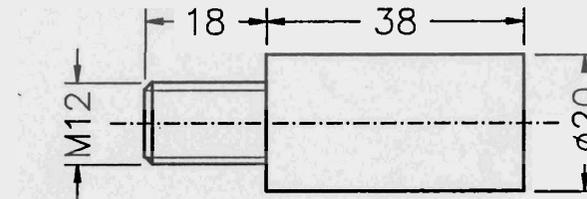
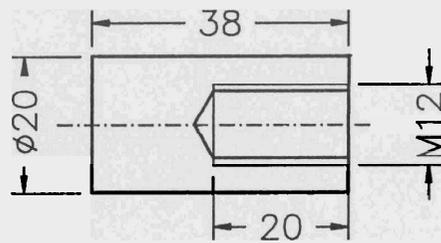
Benennung: Einzelteile 21 und 22, Ring für Wälzlager

Werkstoff: V2A-Stahl Maßstab: 1:2 File: KUGELLAG

Zeichn.Nr.: K2000.21 Blatt: 16 Datum: 02.10.89 15:42

Anmerkungen: jedes Einzelteil 4 mal

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 31, Schlitzabstützung

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: STUETZE

Zeichn.Nr.: K2000.31

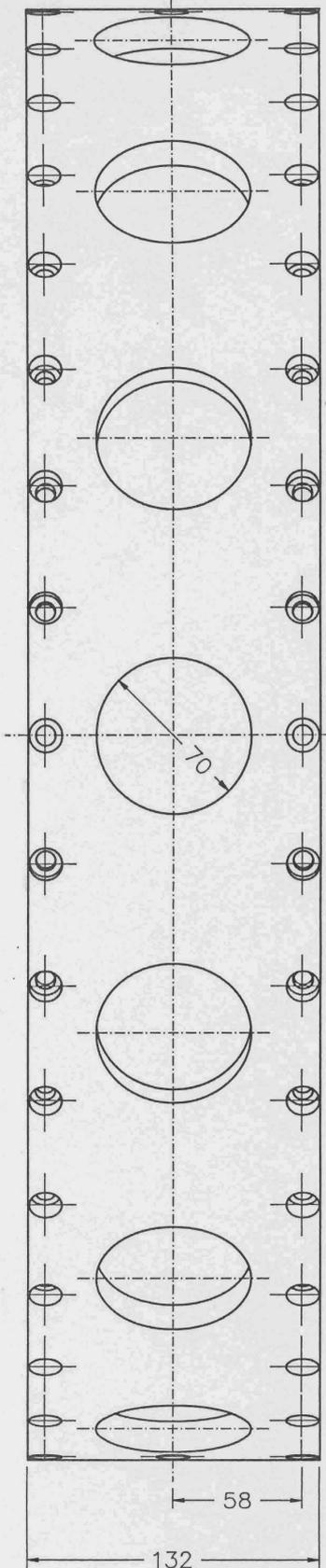
Blatt: 17

Datum: 02.10.89 18:08

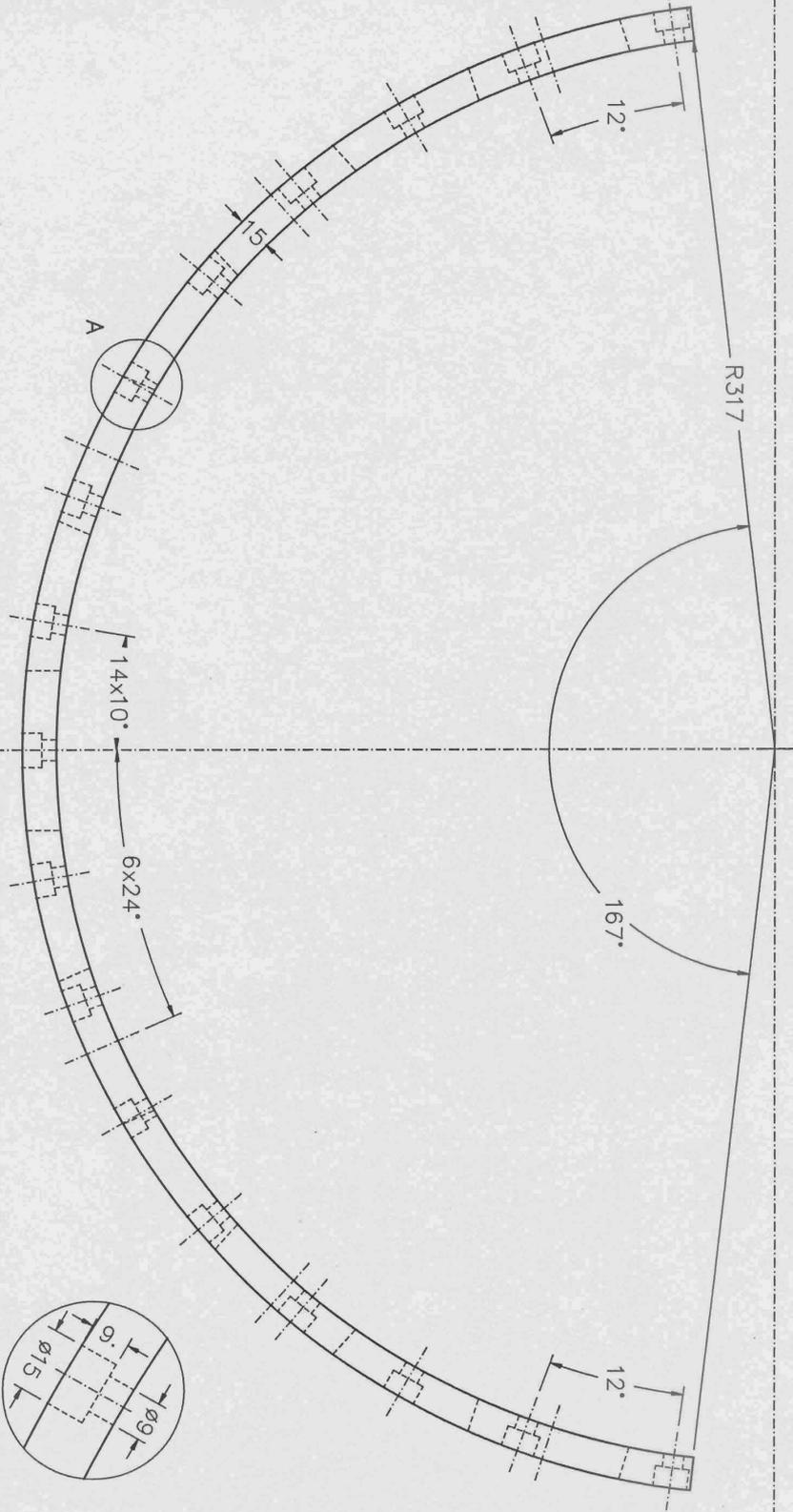
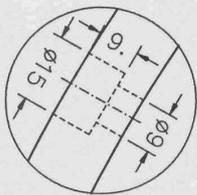
Anmerkungen: 3 Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Einzelheit A 1:1



Institut für Kernphysik Darmstadt

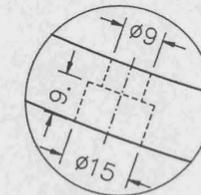
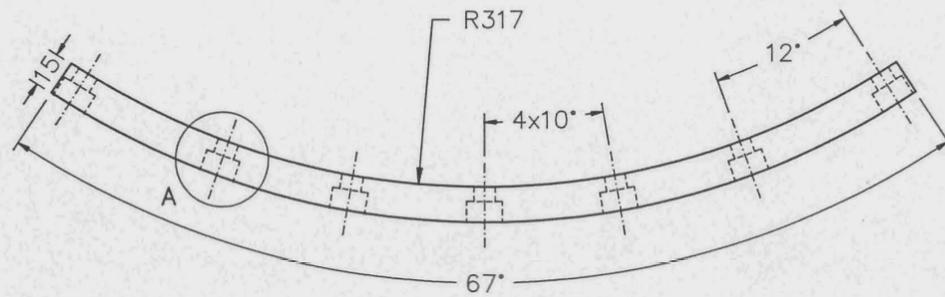
Benennung: Einzelteil 32, Abschlußkappe langer Schlitz

Werkstoff: V2A-Stahl Maßstab: 1:2(1:1) File: KAPPEL

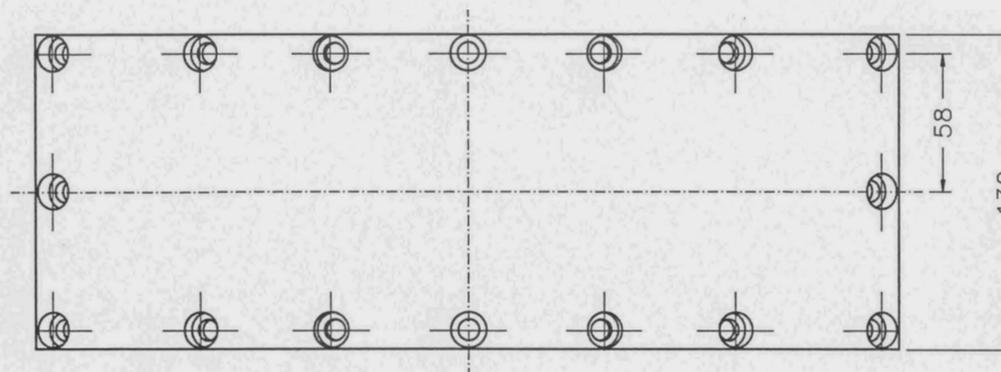
Zeichn.Nr.: K2000.32 Blatt: 18 Datum: 02.10.89 15: 52

Anmerkungen:

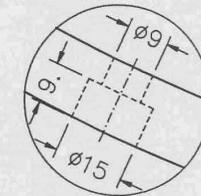
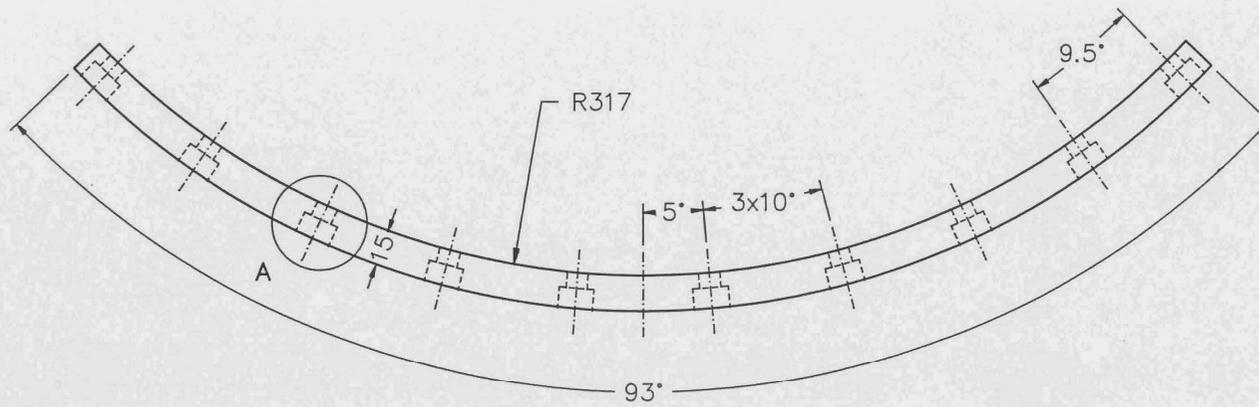
Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



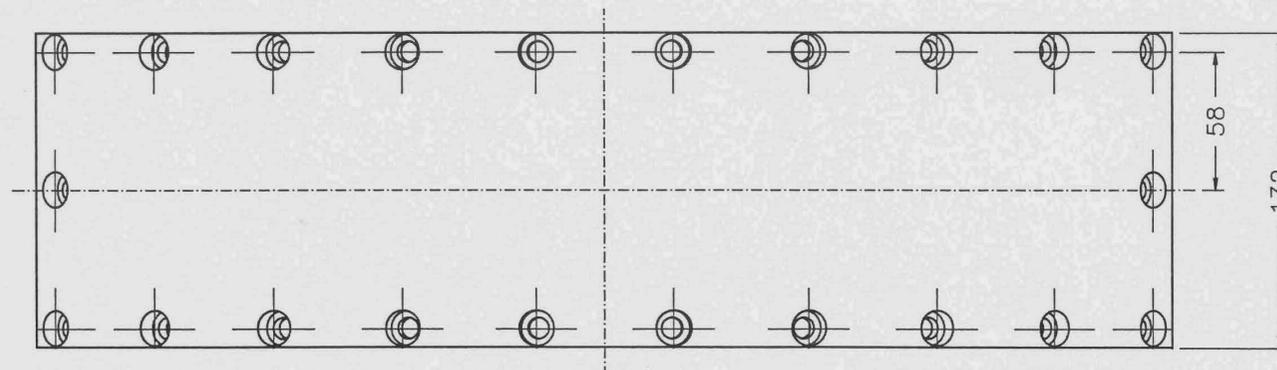
Einzelheit A 1:1



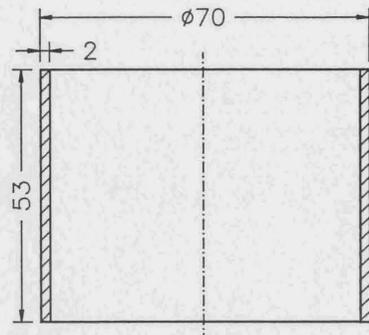
Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 33, Abschlußkappe kurzer Schlitz		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 2	File: KAPPEK
Zeichn.Nr.: K2000.33	Blatt: 19	Datum: 26.09.89 09: 28
Anmerkungen:		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



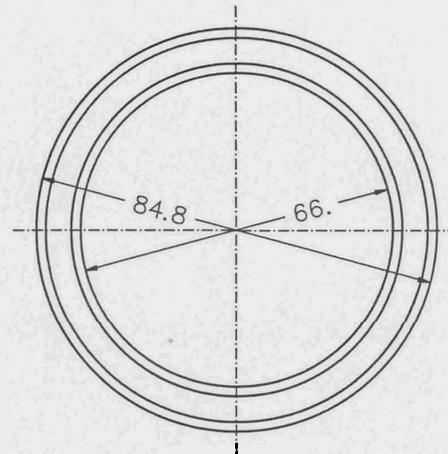
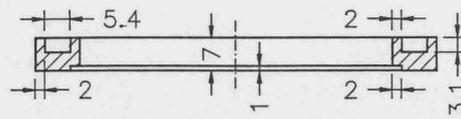
Einzelheit A 1:1



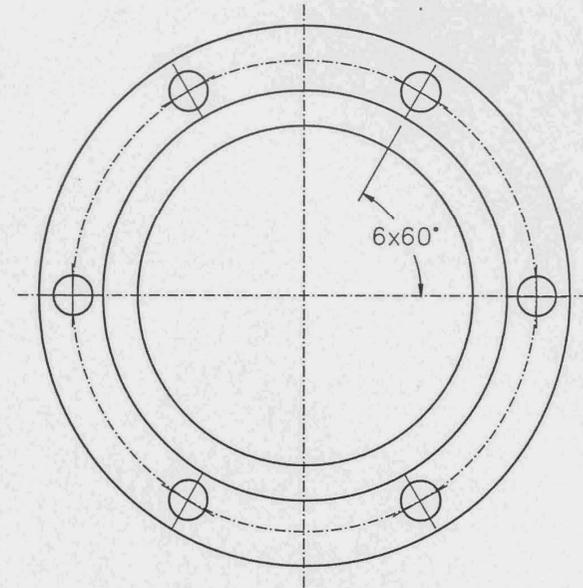
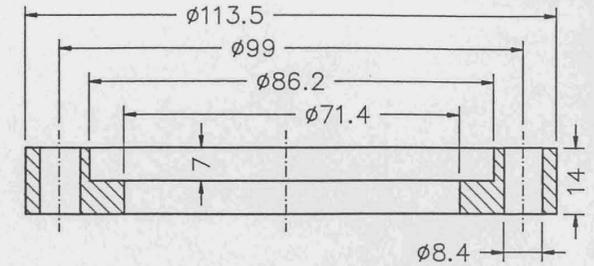
Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 34, Abschlußkappe Sealschlitz		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 2	File: KAPPES
Zeichn.Nr.: K2000.34	Blatt: 20	Datum: 02.10.89 16:10
Anmerkungen:		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



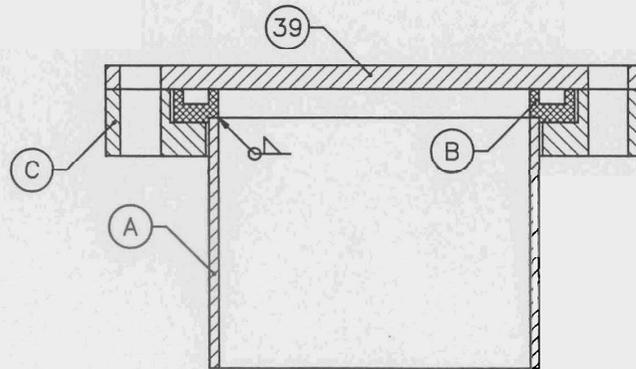
Einzelteil A



Einzelteil B



Einzelteil C



Institut für Kernphysik Darmstadt

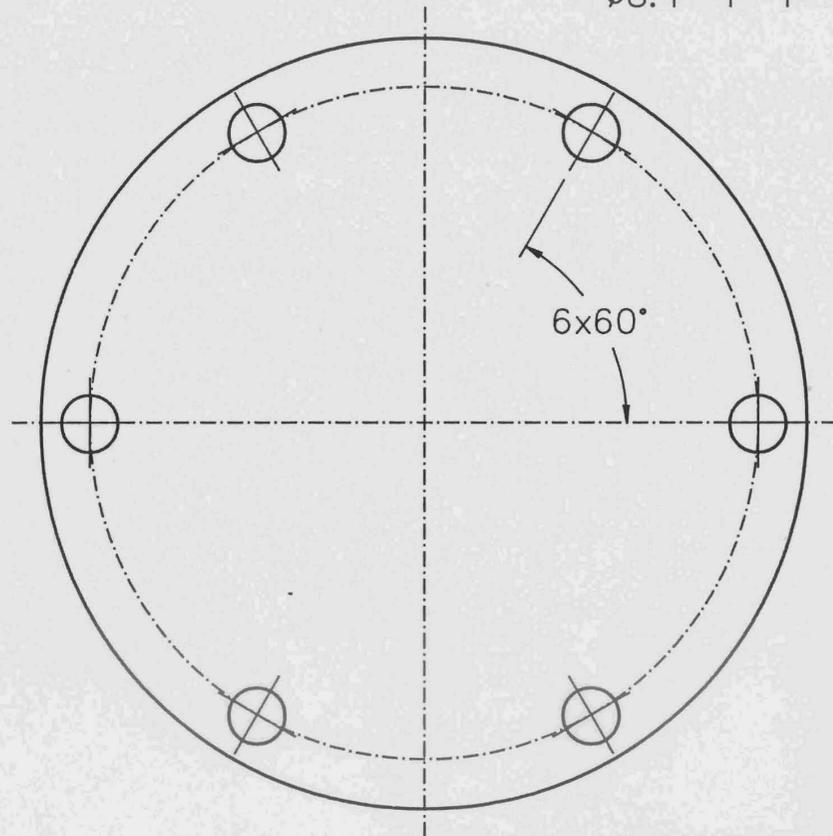
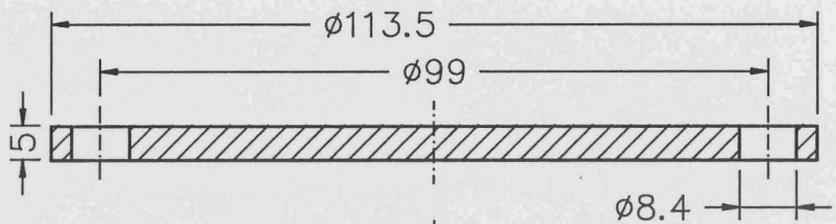
Benennung: Einzelteil 38, Anschweißflansch

Werkstoff: V2A-Stahl Maßstab: 1:1 File: FLANSCH

Zeichn.Nr.: K2000.38 Blatt: 21 Datum: 02.10.89 16:16

Anmerkungen: je 7 Stück, Einzelteil 39 auf Blatt 22

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 39, Blindflansch

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: FLANSCHB

Zelchn.Nr.: K2000.39

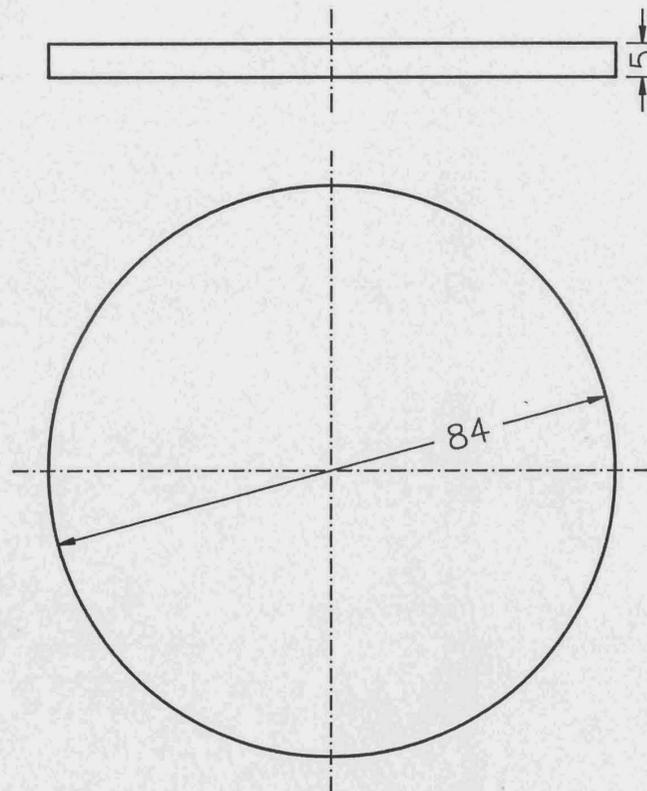
Blatt: 22

Datum: 19.07.89 09:47

Anmerkungen: je 7 Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 41, Sichtfenster

Werkstoff: Fensterglas

Maßstab: 1:1

File: FLANSCHF

Zeichn.Nr.: K2000.41

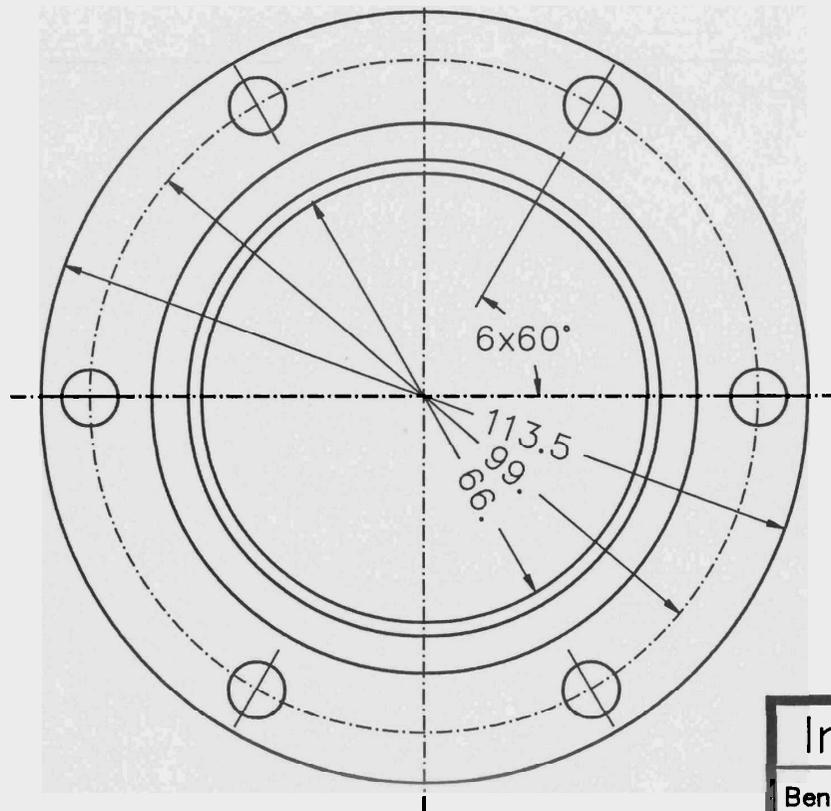
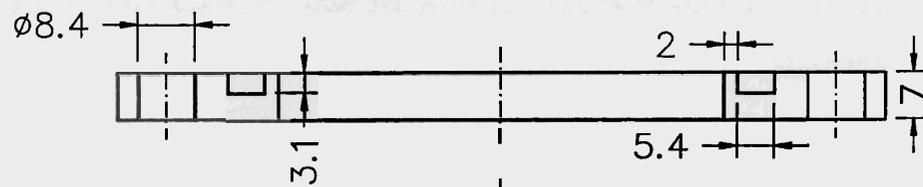
Blatt: 23

Datum: 02.10.89 18:22

Anmerkungen:

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 42, Fensterring

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: FLANSCHR

Zelchn.Nr.: K2000.42

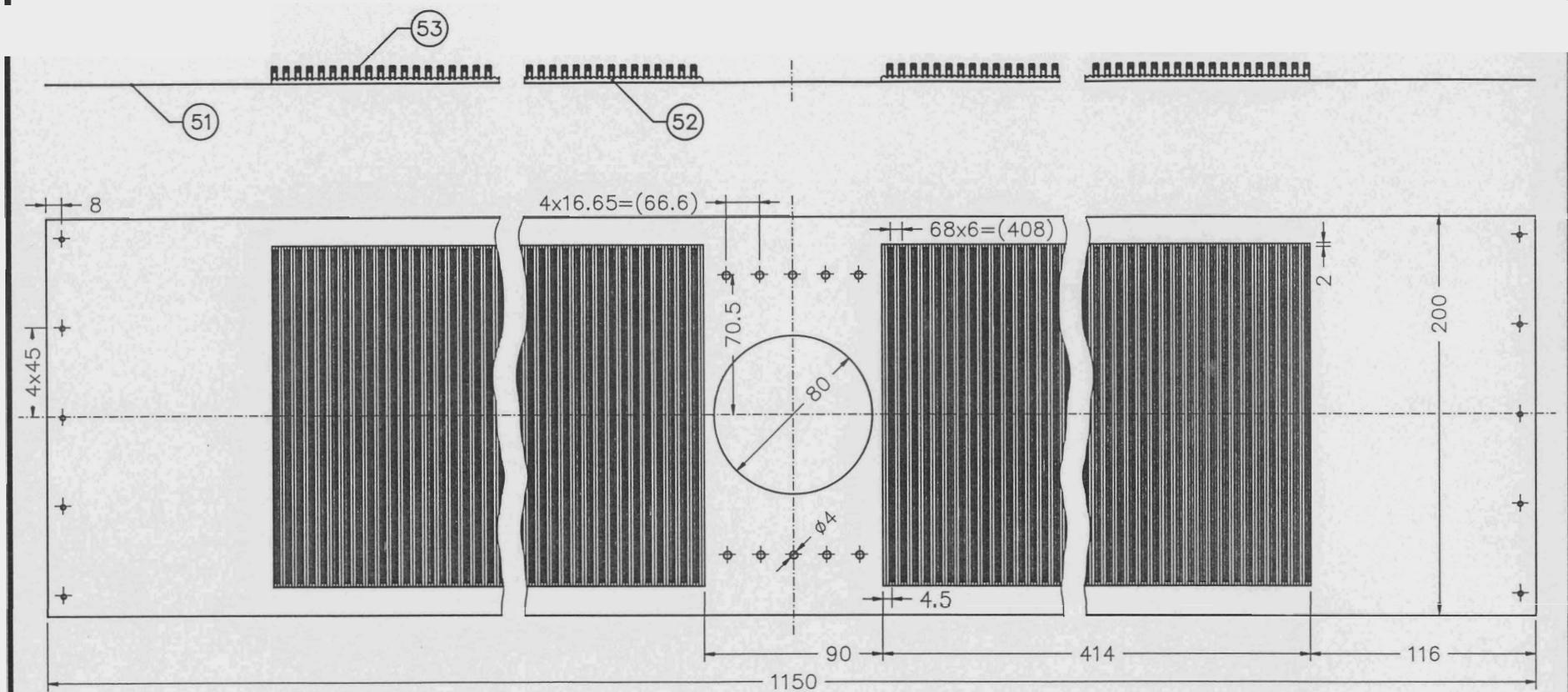
Blatt: 24

Datum: 02.10.89 18:33

Anmerkungen:

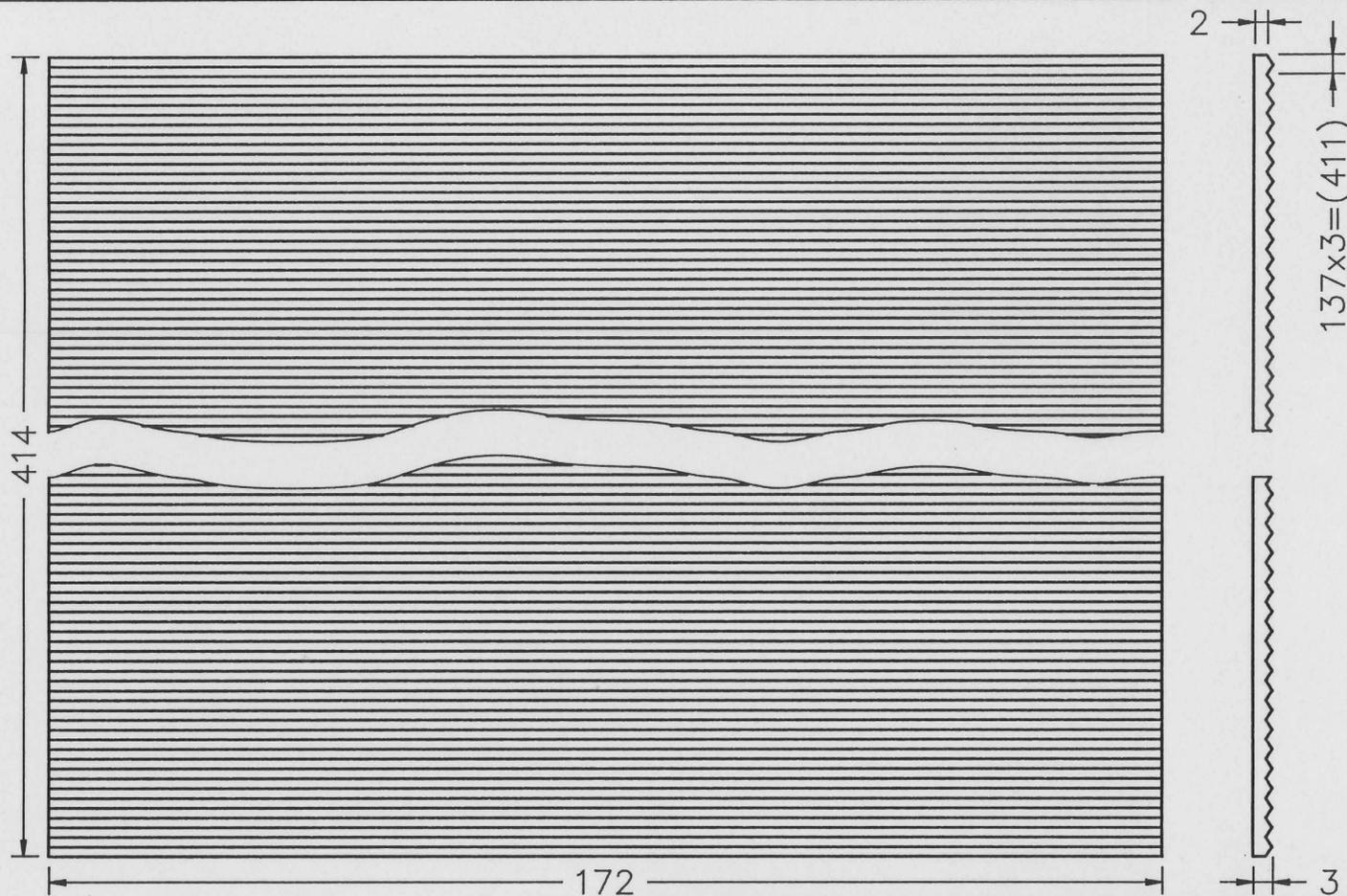
Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 51, Sliding Seal		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 2	File: BAND
Zeichn.Nr.: K2000.51	Blatt: 25	Datum: 11.10.89 15:12
Anmerkungen: Teile 52 und Teile 53 werden geklebt		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Einzelteil 52 auf Blatt 26
 Einzelteil 53 auf Blatt 27



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 52, Gummimatte

Werkstoff: Riffelgummi

Maßstab: 1:1

File: BANDGUMMI

Zelchn.Nr.: K2000.52

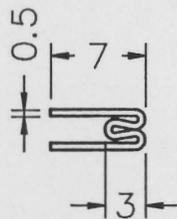
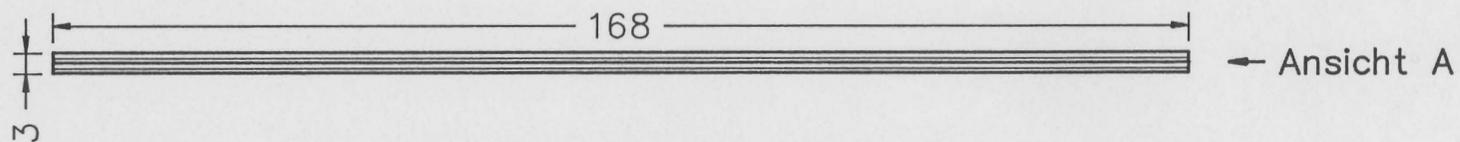
Blatt: 26

Datum: 02.10.89 18: 42

Anmerkungen: zwei Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

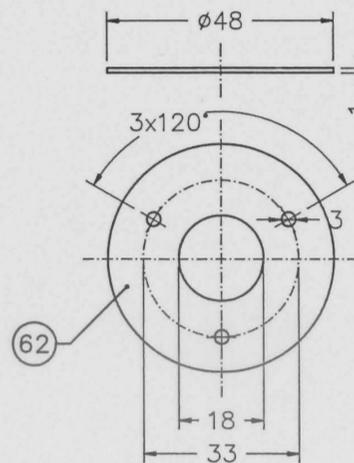
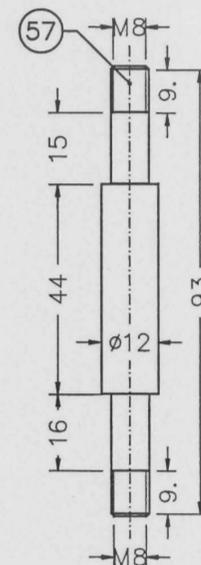
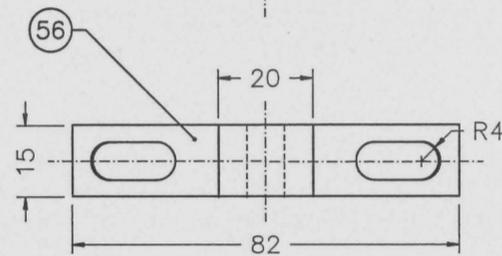
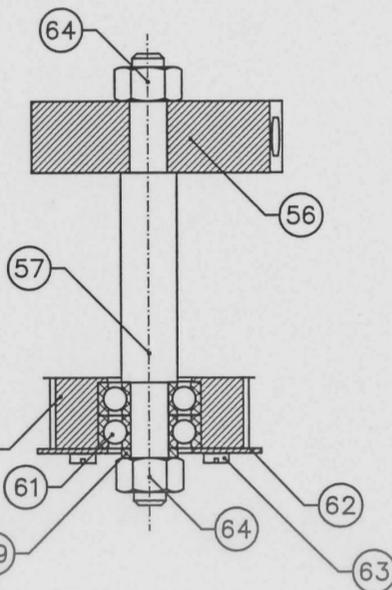
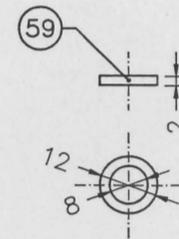
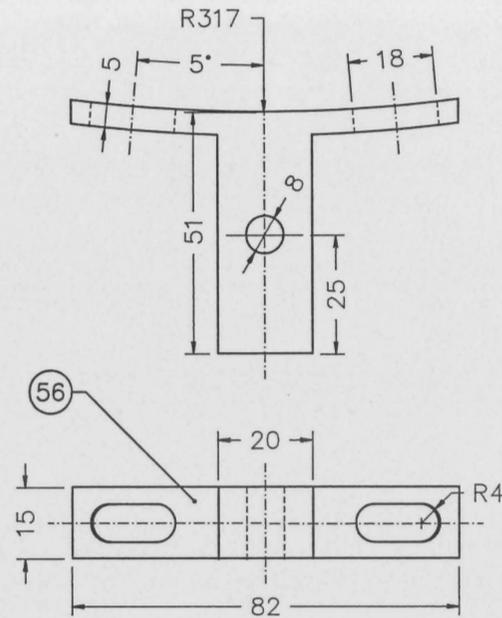
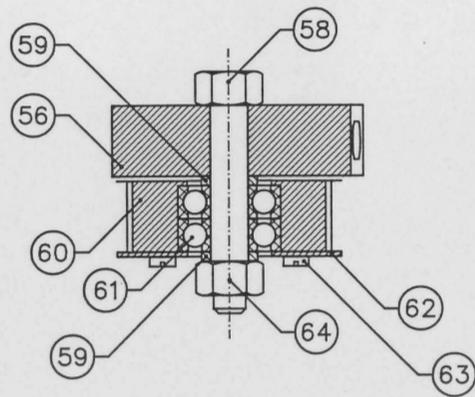


Ansicht A 2:1

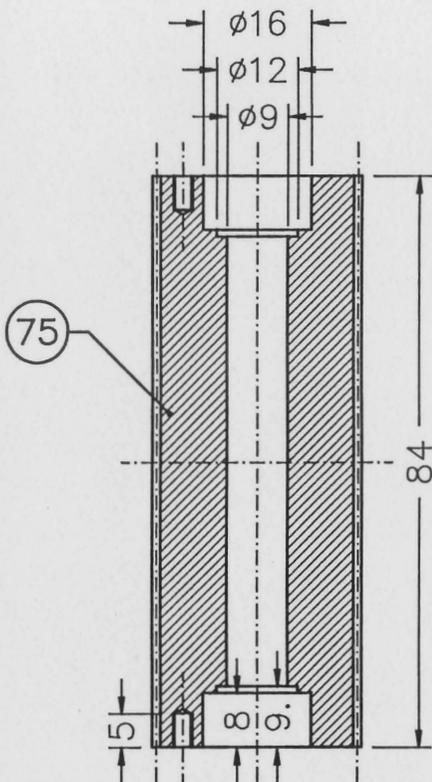
Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 53, Verstärkungsleisten		
Werkstoff: Tiefziehblech	Maßstab: 1:1(2:1)	File: BANDSTEG
Zelchn.Nr.: K2000.53	Blatt: 27	Datum: 02.10.89 18:46
Anmerkungen: 150 Stück		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Stückliste

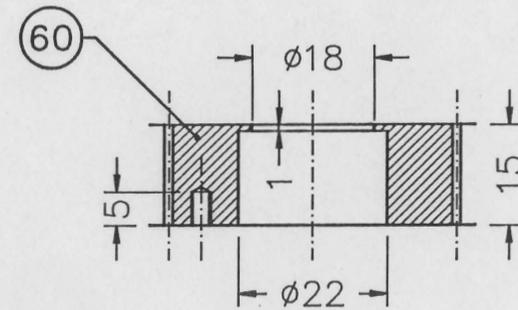
Pos.	Anz.	Einh.	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezhng	Bemerkung
56	6	Stk.	Haltebacken		V2A-Stahl
57	4	"	Führungsstift		"
58	2	"	Sechskantschraube	M8 l=50	
59	8	"	Unterlegscheibe		V2A-Stahl
60	4	"	Synchranscheibe	St 15 T5/28-2	Firma Synchroflex
61	12	"	Rillenkugellager	SKF 8122/7	Firma SKF
62	6	"	Abschlußscheibe		V2A-Stahl
63	18	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M3 l=5	
64	10	"	Mutter	M8	
65	12	"	Zylschraube m. Scheibe	M8 l=14	
66	2	"	Zahnriemen	Synchroflex 10 T5/1160 HV2	
67	2	"	Synchranscheibe	Synchroflex St 15 T5/26-2	
71	4	"	Haltebacken		V2A-Stahl
72	2	"	Führungsstift		"
73	4	"	Abstandsscheibe		"
74	8	"	Rillenkugellager	SKF 8146/4	Firma SKF
75	2	"	Synchranscheibe	Synchroflex St 84 T5/20-0	
76	2	"	Zahnriemen	Synchroflex 84 T5/100	
77	4	"	Abschlußscheibe		V2A-Stahl
78	12	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M3 l=5	
79	4	"	Mutter	M8	
80	4	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M6 l=14	
81	8	"	Zyl.schraube m. Scheibe	M8 l=14	



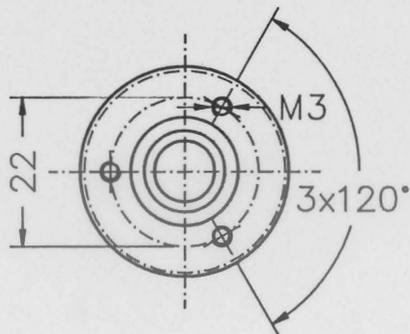
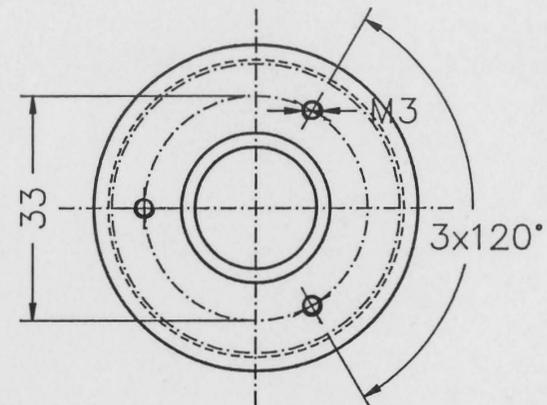
Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteile 56, 57, 59 und 62		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:1	File: SYNCHRO
Zeichn.Nr.: K2000.56	Blatt: 28	Datum: 02.10.89 16:45
Anmerkungen: Stückzahlen gemäß Stückliste		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



2x St 84 T5/20-0
 2x Zahnriemen 84 T5/100
 Riemenrücken beschichtet
 mit 2mm HV1



4x St 15 T5/28-2 $d_b=48$
 2x St 15 T5/26-2 $d_b=45$
 2x Zahnriemen 10 T5/1160
 Riemenrücken beschichtet
 mit 2mm HV1



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteile 60 und 75, Synchronscheiben

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: HILGER

Zeichn.Nr.: K2000.60

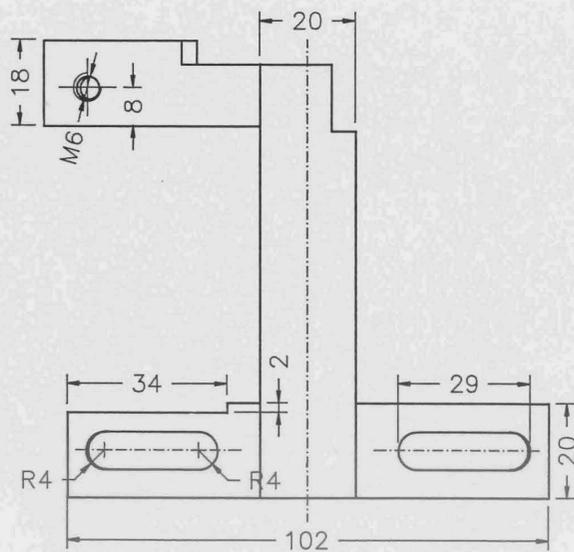
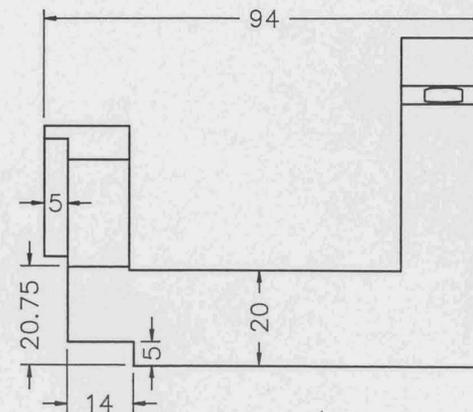
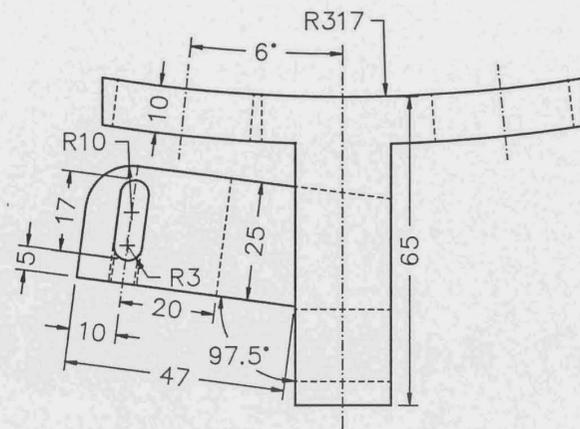
Blatt: 29

Datum: 02.10.89 18:51

Anmerkungen: Herstellung Firma Synchroflex

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 71, Haltebacken Anpresswalze

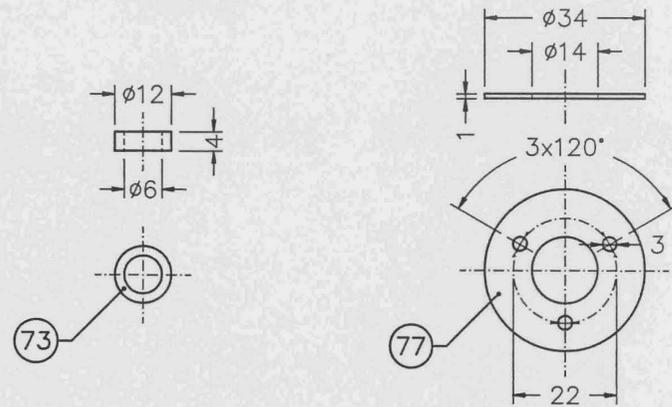
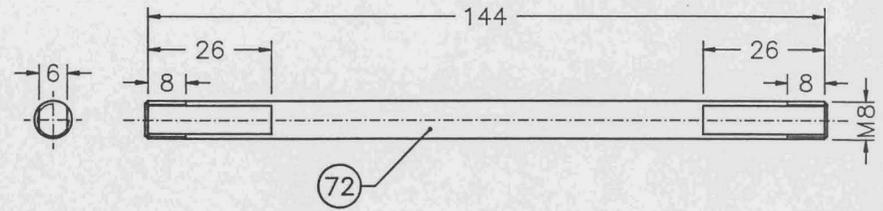
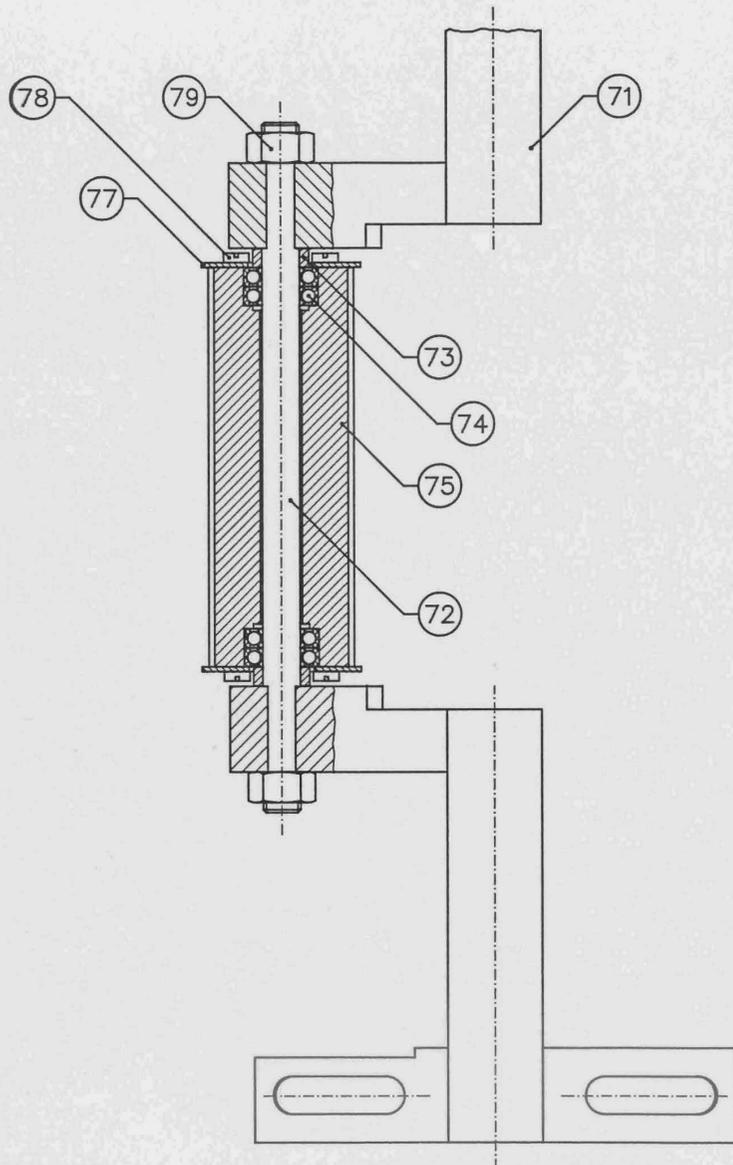
Werkstoff: Aluminium Maßstab: 1:1 File: WALZEHAL

Zelchn.Nr.: K2000.71 Blatt: 30 Datum: 02.10.89 17:00

Anmerkungen: zwei Paar (je einmal seitenverkehrt)

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Übersichtsplan



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteile 72, 73 und 77

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: WALZE

Zelchn.Nr.: K2000.72

Blatt: 31

Datum: 02.10.89 17:07

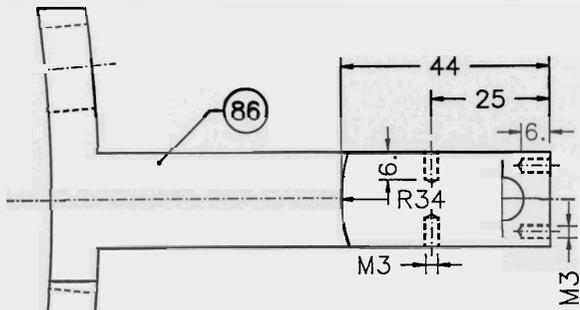
Anmerkungen: Stückzahlen gemäß Stückliste

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

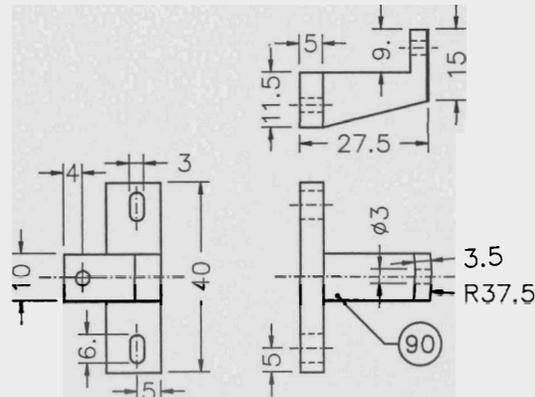
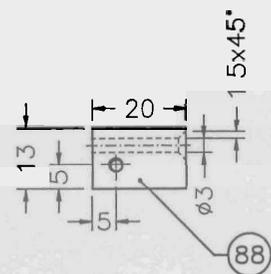
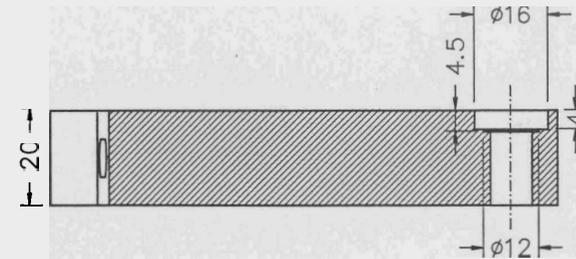
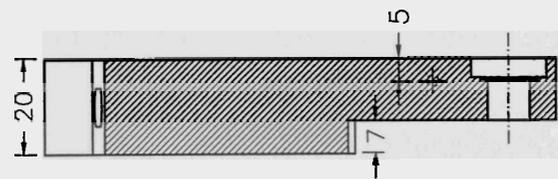
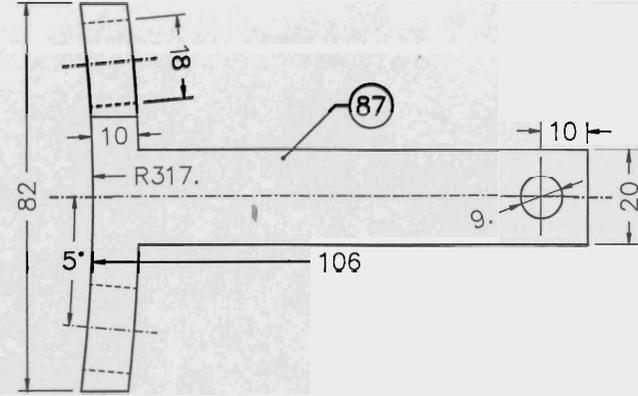
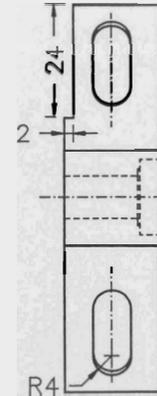
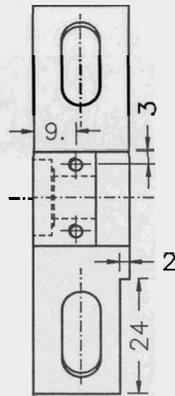
Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Stückliste

Pos.	Anz.	Einh.	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
86	2	Stk.	Haltebacke oben		Aluminium
87	2	"	" unten		"
88	2	"	Verlängerung oben		"
89	4	"	Senkschraube m. Schlitz	M3 l=25	Messing
90	4	"	Haltesteg		Aluminium
91	4	"	Zyl.schr. m. Schlitz u. Scheibe	M3 l=10	Messing
92	8	"	Zylschraube m. Scheibe	M3 l=14	V2A-Stahl
96	2	"	Federdose		V2A-Stahl
97	2	"	Haltestift		"
98	2	"	Deckel		"
99	4	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M3 l=4	Messing
100	2	"	Federkern		"
101	2	"	Triebfeder	Kern & Lieber 15 x 0,65 x 1900mm	V4A-Stahl
102	4	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M3 l=7,5	Messing
105	2	"	Walze		
106	4	"	Rillenkugellager	SKF 816/4	
107	4	"	Führungsscheibe		V2A-Stahl
108	2	"	Gegenstück		Messing
109	10	"	Flachkopfschraube	M4 l=6	"



fehlende Maße siehe Teil 87



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteile 86, 87, 88 und 90

Werkstoff: Aluminium

Maßstab: 1:1

File: WICKELH

Zelchn.Nr.: K2000.86

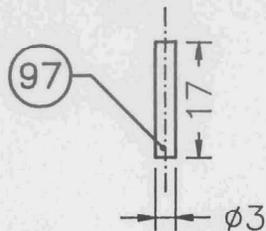
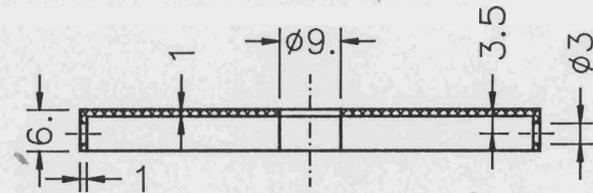
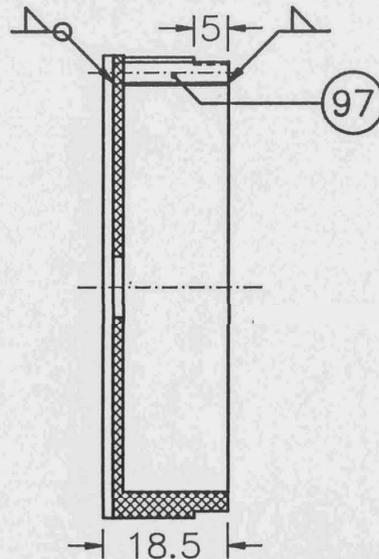
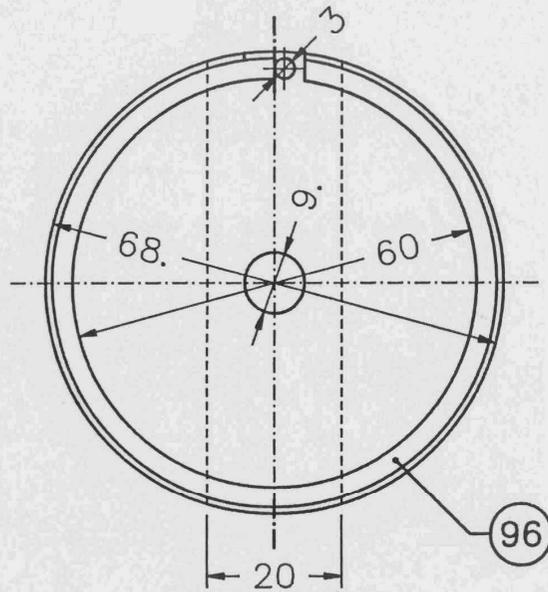
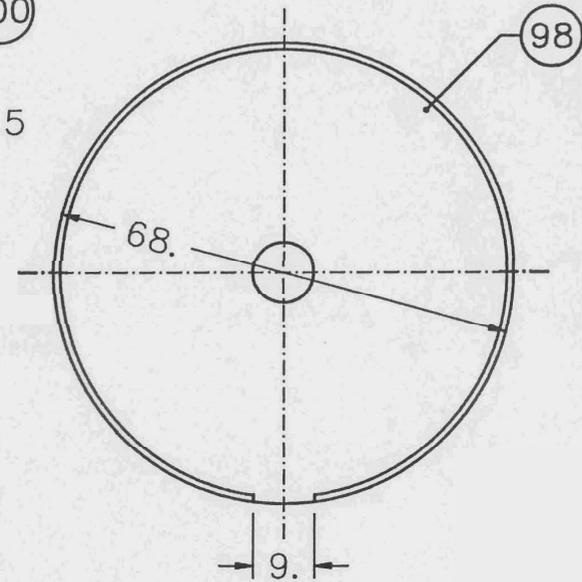
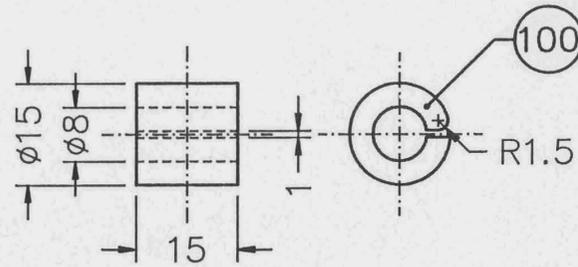
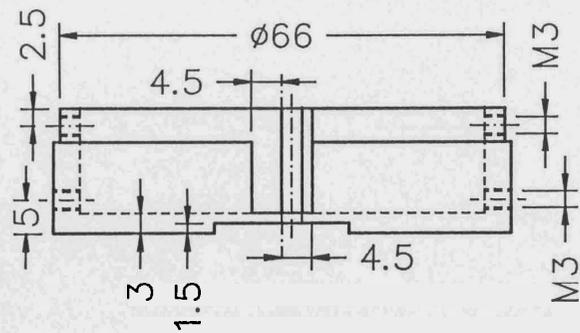
Blatt: 32

Datum: 07.11.89 10:26

Anmerkungen: je Einzelteil 2 Stück, Et. 90 vier Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteile 96, 97 98 und 100, Federdose

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: WICKELD

Zeichn.Nr.: K2000.96

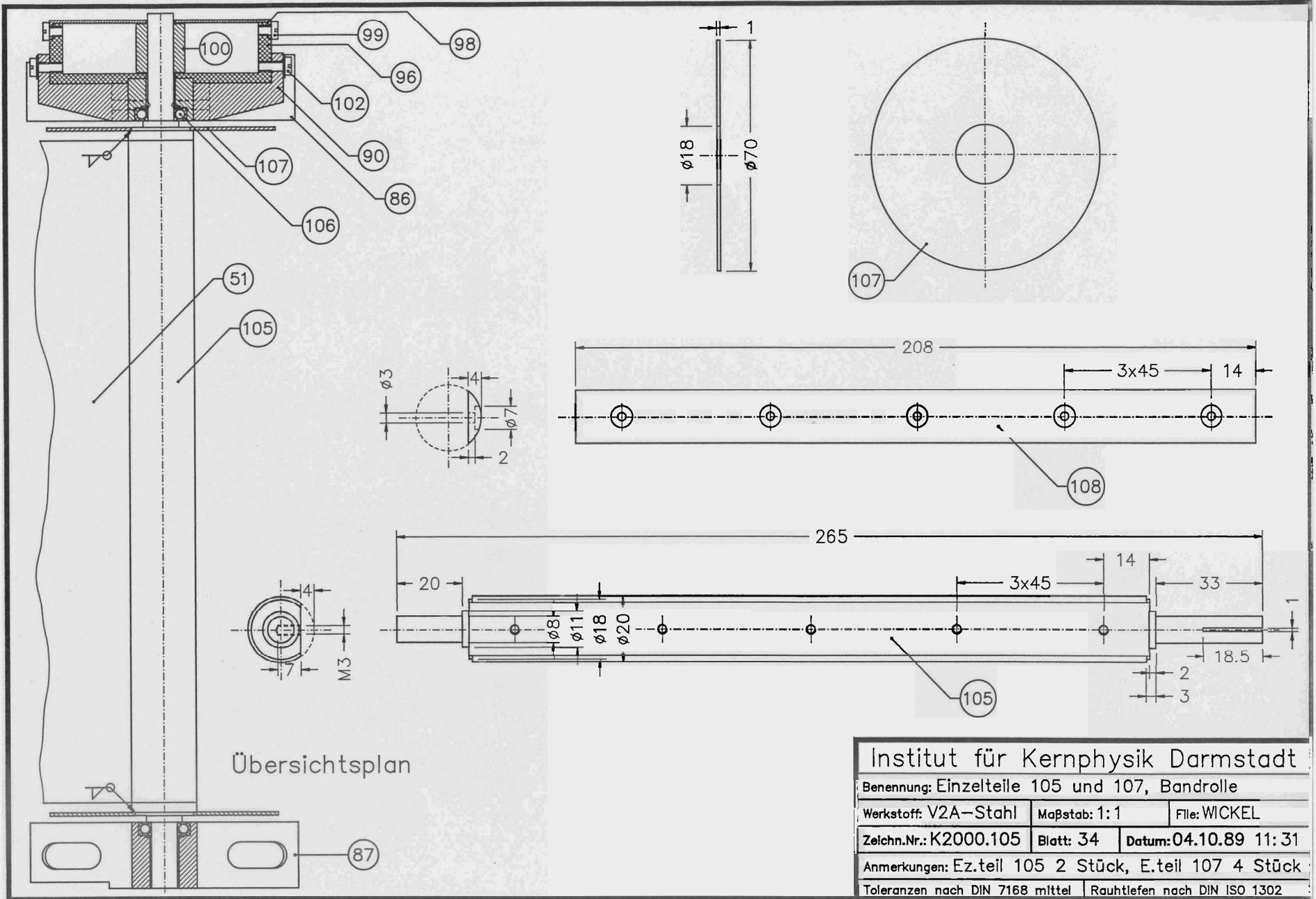
Blatt: 33

Datum: 02.10.89 19:05

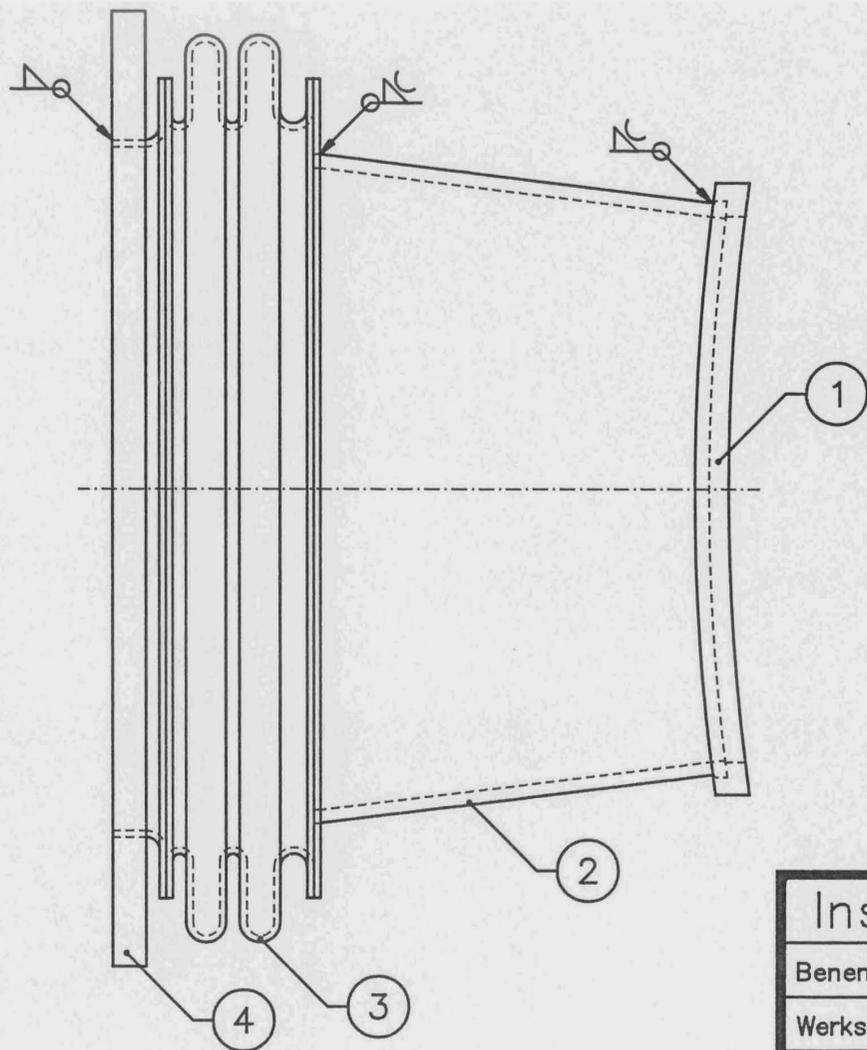
Anmerkungen: je Einzelteil zwei Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

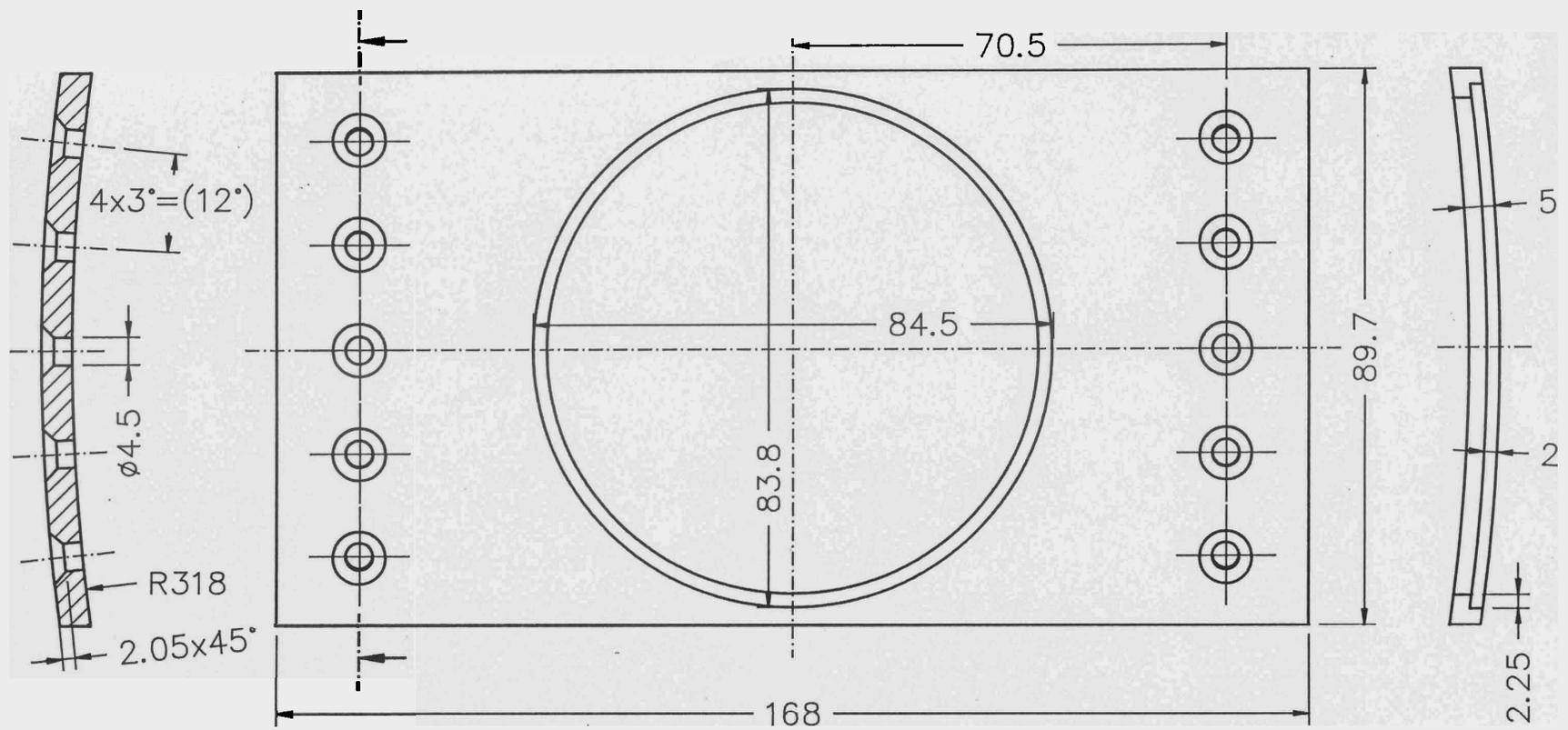
Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



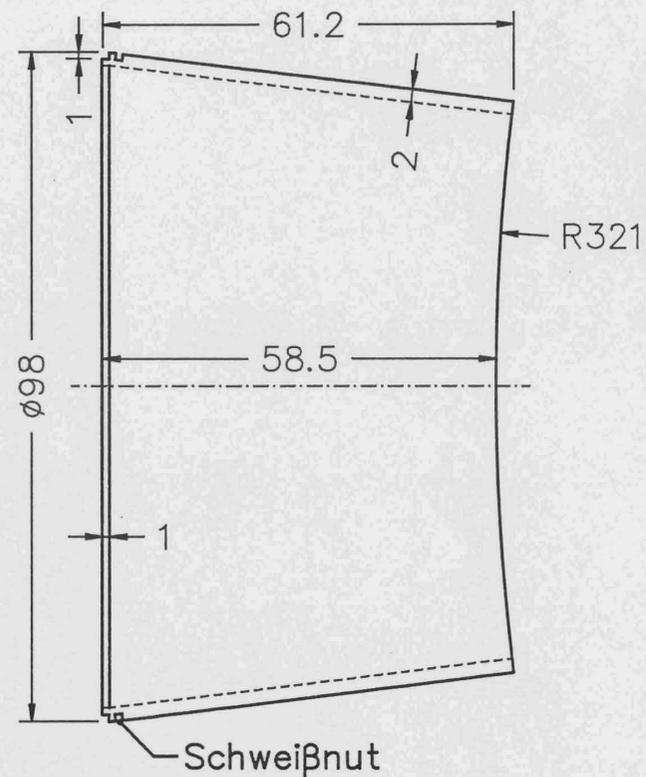
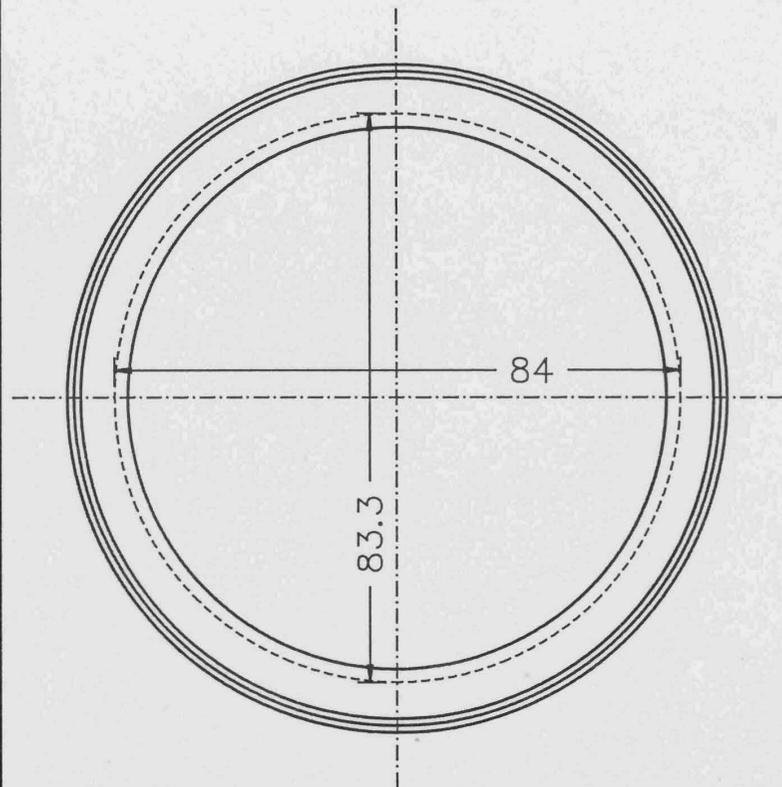
Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteile 105 und 107, Bandroll		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:1	File: WICKEL
Zeichn.Nr.: K2000.105	Blatt: 34	Datum: 04.10.89 11:31
Anmerkungen: Ez.teil 105 2 Stück, E.teil 107 4 Stück		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rahtiefen nach DIN ISO 1302		



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Sealflansch, Übersichtszeichnung		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:1	File: TUETE
Zeichn.Nr.: T2000.00	Blatt: 1	Datum: 27.07.89 14: 21
Anmerkungen: Einzelteile 1-4 auf Blätter 2-5		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 1, Platte sealseits		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1:1	File: TUETE1
Zeichn.Nr.: T2000.01	Blatt: 2	Datum: 03.10.89 09:38
Anmerkungen: Herstellung MPI Heidelberg		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 2, Tüte

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: TUETE2

Zeichn.Nr.: T2000.02

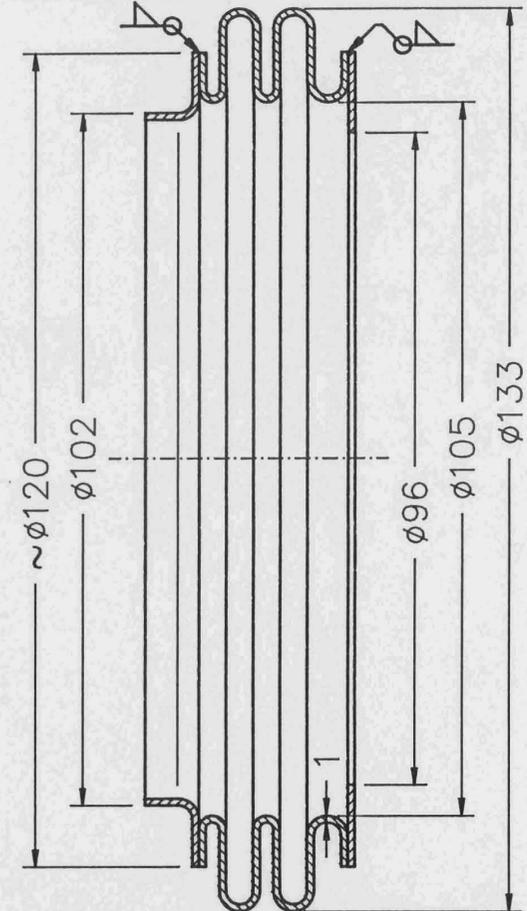
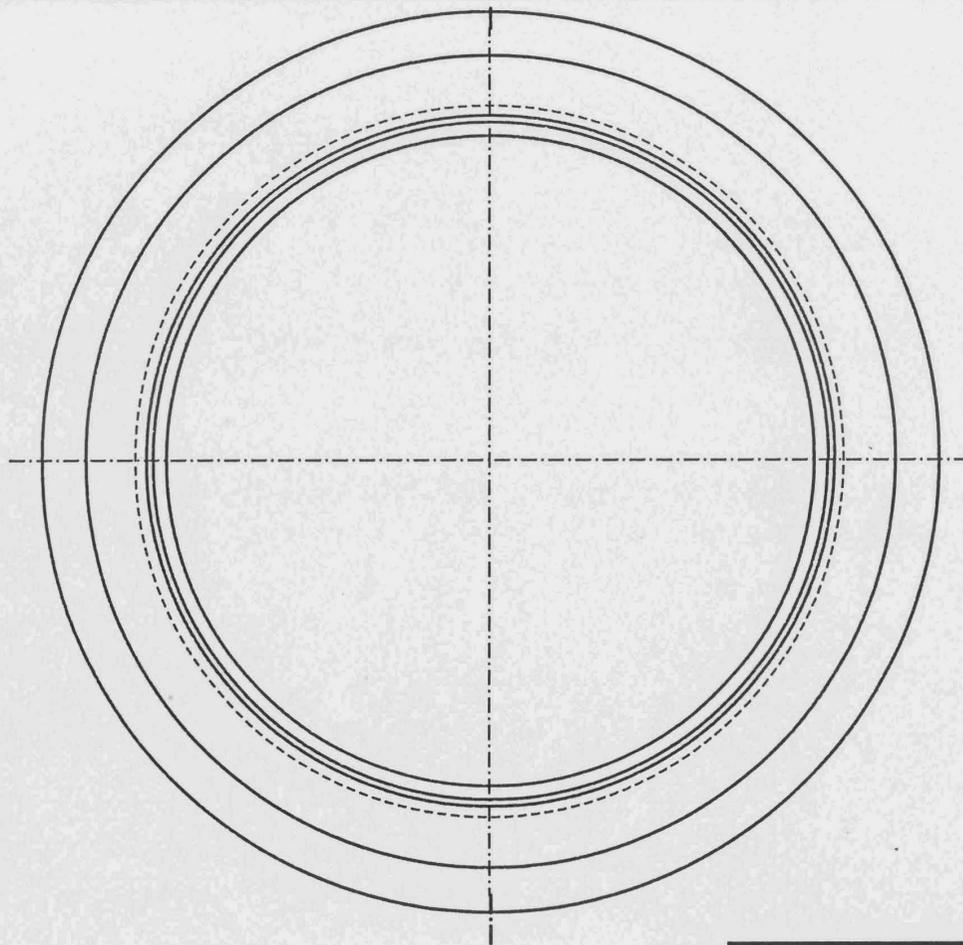
Blatt: 3

Datum: 21.11.89 07:14

Anmerkungen: Herstellung MPI Heidelberg

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 3, Wellschlauch

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: TUETE3

Zeichn.Nr.: T2000.03

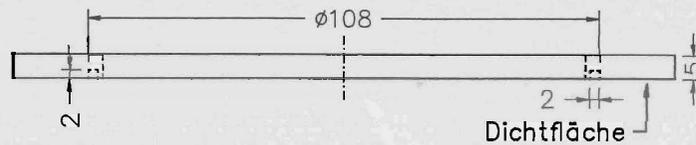
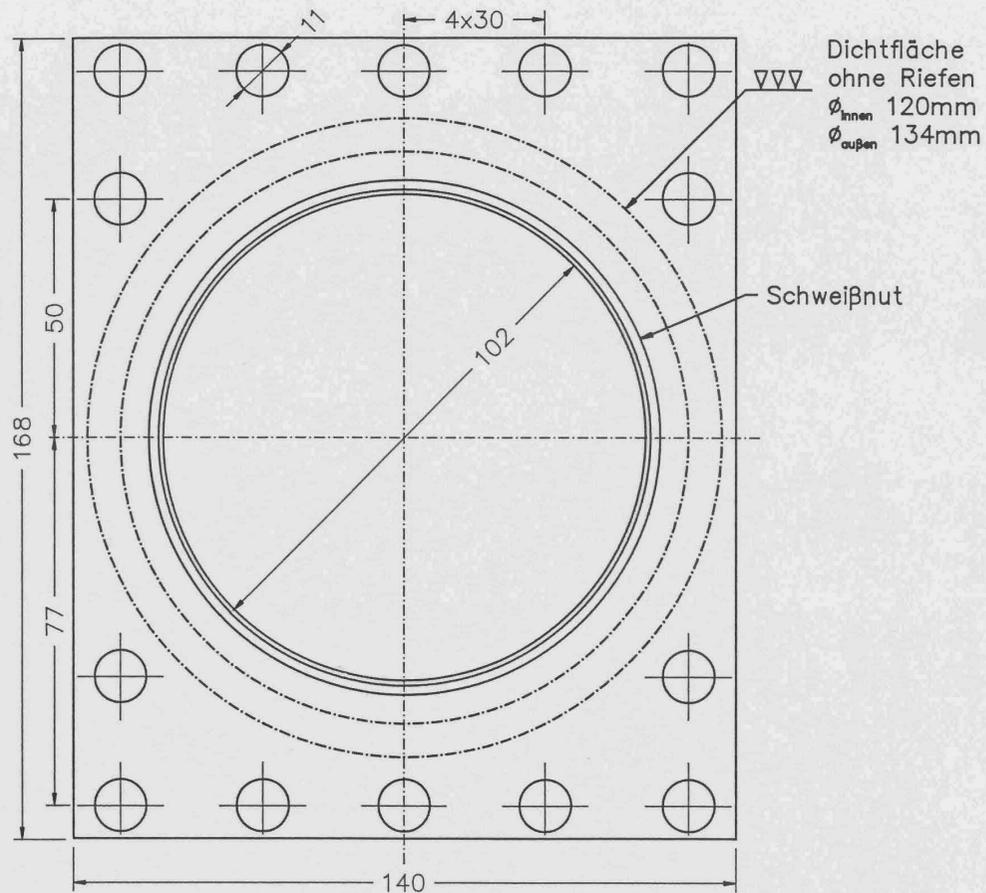
Blatt: 4

Datum: 03.10.89 09:49

Anmerkungen: Hrst. F. Reaktorwd. und App.bau, Jülich

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 4, Platte quadrupolseits

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1: 1

File: TUETE4

Zeichn.Nr.: T2000.04

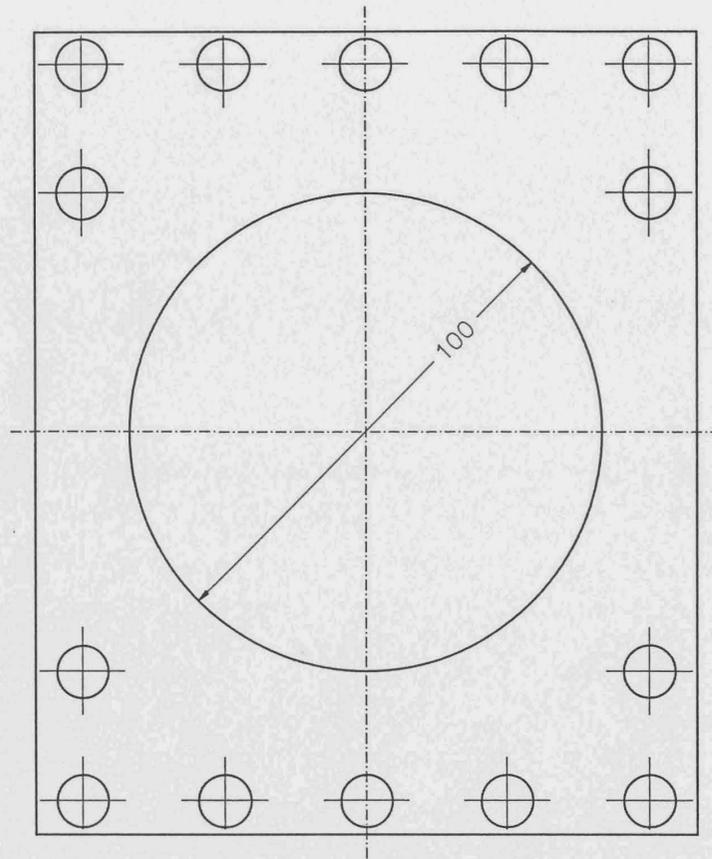
Blatt: 5

Datum: 03.10.89 12: 01

Anmerkungen:

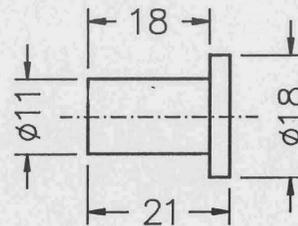
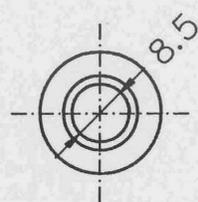
Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



fehlende Maße siehe Einzelteil 4 auf Blatt 5

Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 5, Isolationsfolie		
Werkstoff: PVC	Maßstab: 1:1	File: TUETE5
Zeichn.Nr.: T2000.05	Blatt: 6	Datum: 03.10.89 12: 21
Anmerkungen: PVC-Folie		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 7, Isolationshülse

Werkstoff: Trovidur

Maßstab: 1:1

File: TUETE6

Zeichn.Nr.: T2000.07

Blatt: 7

Datum: 03.10.89 11:41

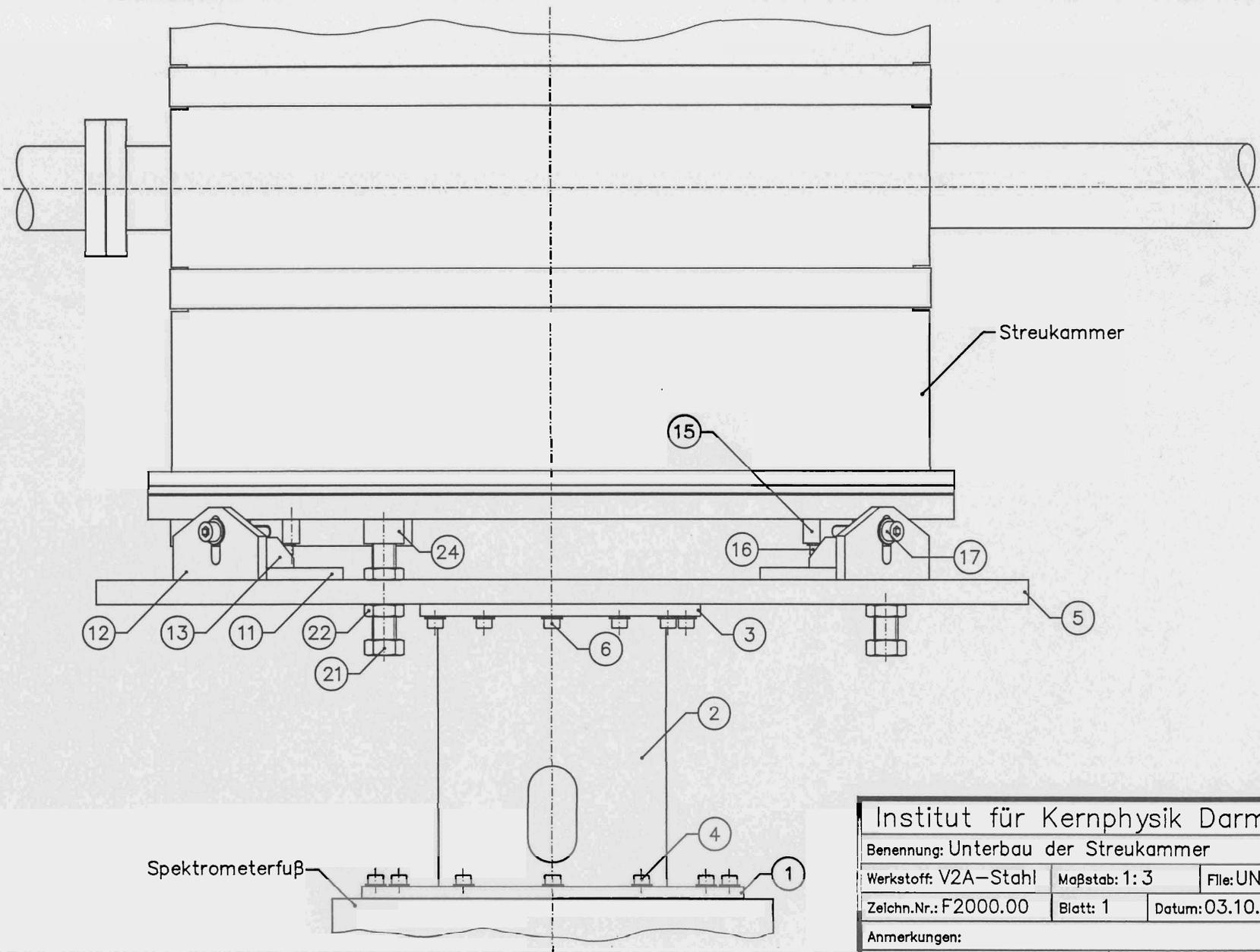
Anmerkungen: 14 Stück

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

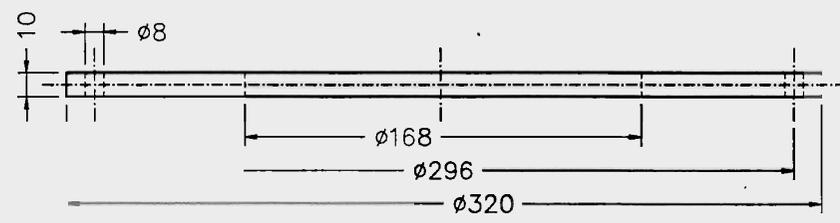
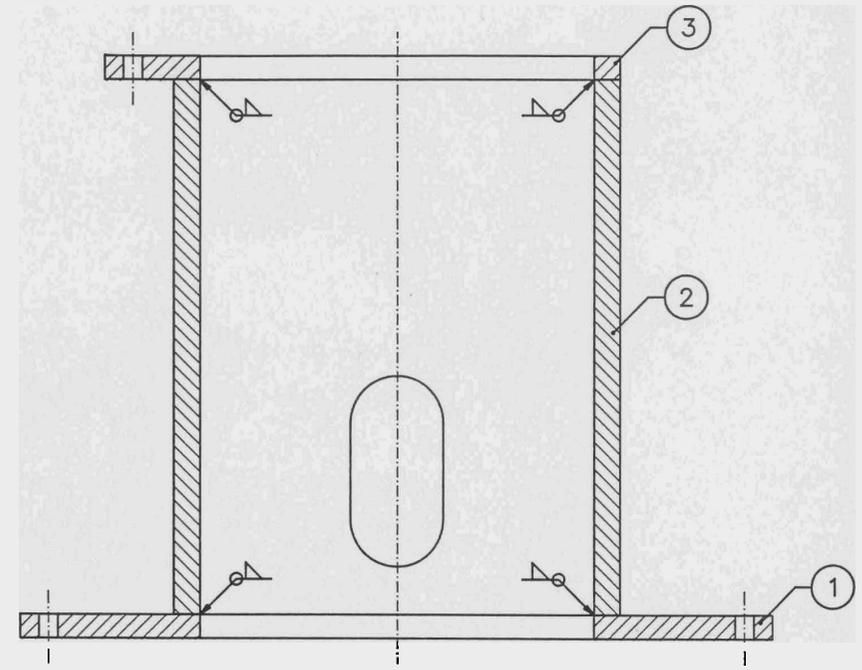
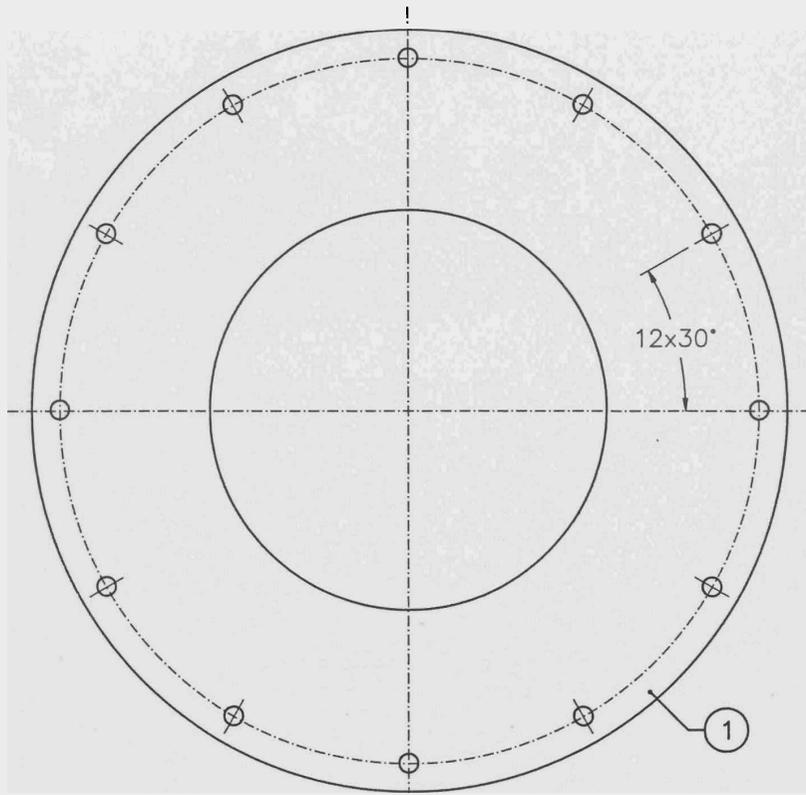
Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Stückliste

Pos.	Anz.	Einh.	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
1	1	Stk	untere Fußplatte	$\phi 320 \times 10$	V2A-Stahl
2	1	"	Zylinderrohr	$\phi_i 170; \phi_a 190 \times 224$	"
3	1	"	obere Fußplatte		"
4	12	"	Zyl.schraube m. Scheibe	M8 l=25	
5	1	"	Tischplatte	$\phi 800 \times 20$	V2A-Stahl
6	11	"	Zyl.schraube m. Scheibe	M8 l=30	
11	4	"	Platte horizontal		V2A-Stahl
12	4	"	Platte vertikal		"
13	8	"	Stützstreben		"
14	8	"	Zyl.schraube m. Scheibe	M8 l=20	
15	4	"	Justierklötzchen		V2A-Stahl
16	8	"	Zyl.schraube m. Scheibe	M8 l=30	
17	4	"	Zyl.schraube m. Scheibe	M10 l=80	
21	3	"	Sechskantschraube	M20 l=82	
22	6	"	flache Sechskantmutter	M20	
23	3	"	Axial-Rillenkugellager	SKF 1012419	
24	3	"	Justierkopf		V2A-Stahl
25	3	"	Zyl.schraube m. Schlitz	M3 l=25	

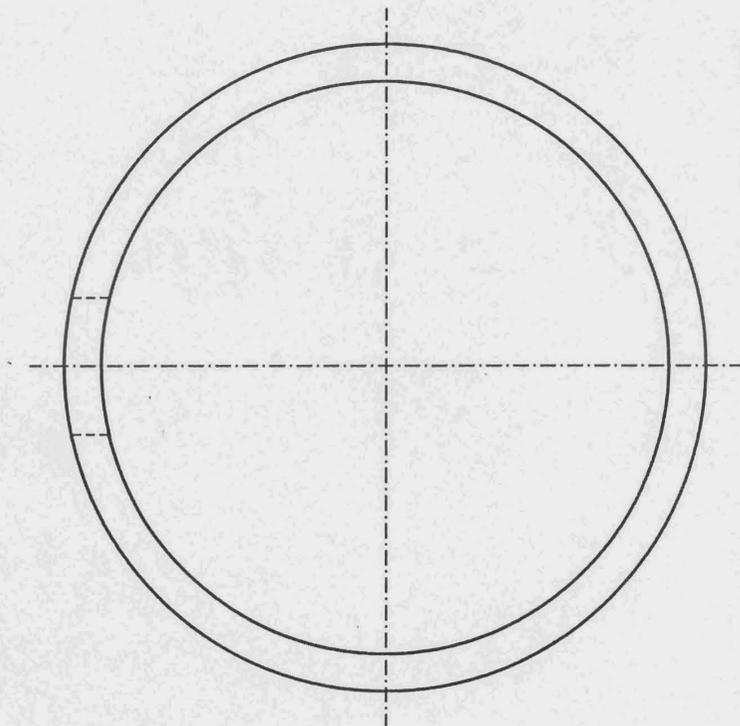
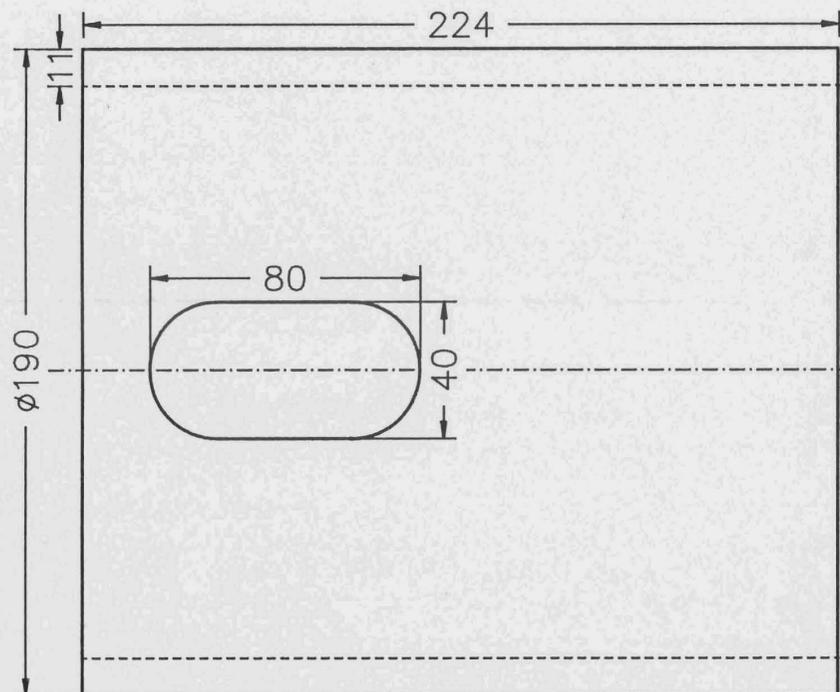


Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Unterbau der Streukammer		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 3	File: UNTERBAU
Zeichn.Nr.: F2000.00	Blatt: 1	Datum: 03.10.89 10: 52
Anmerkungen:		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

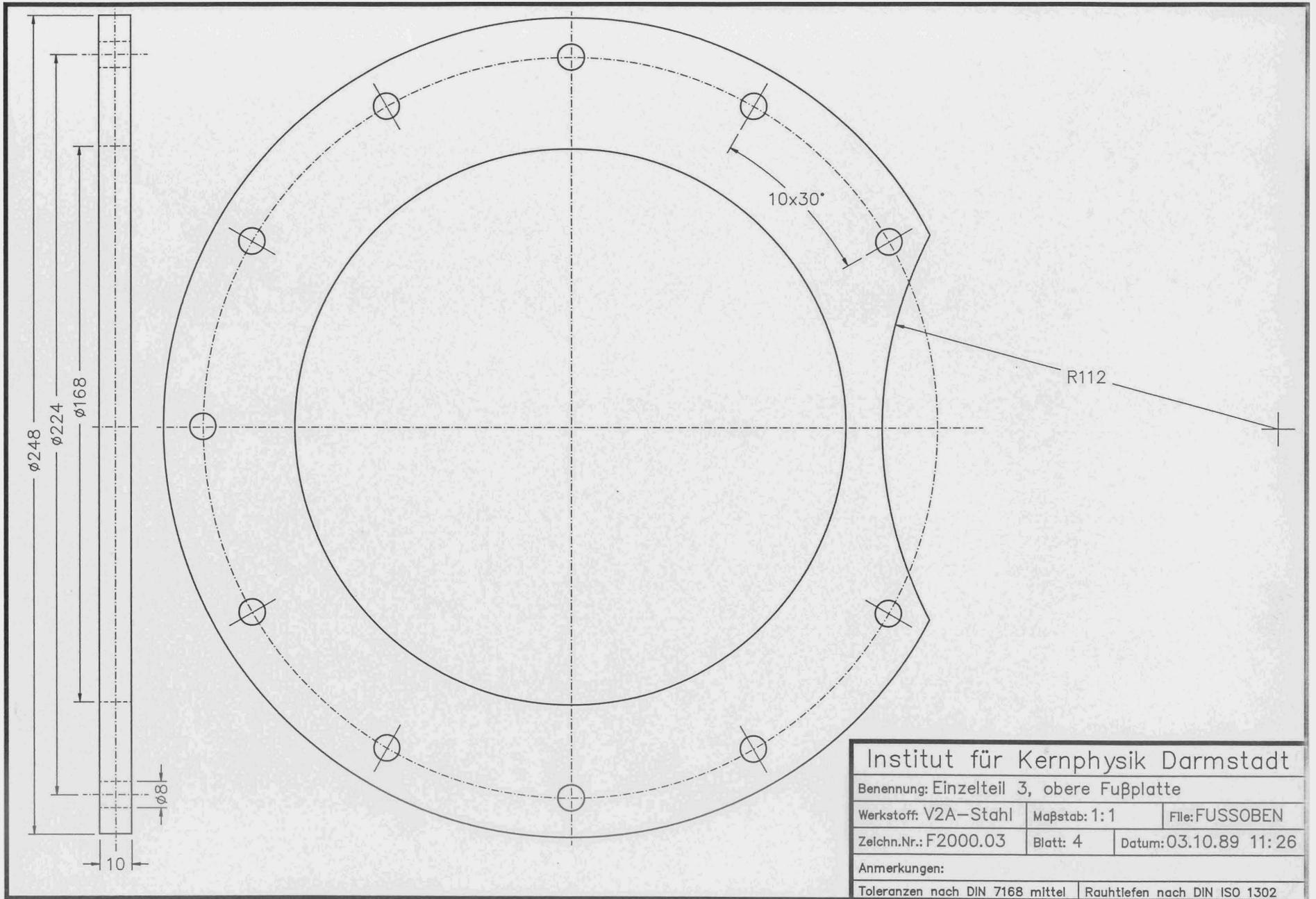


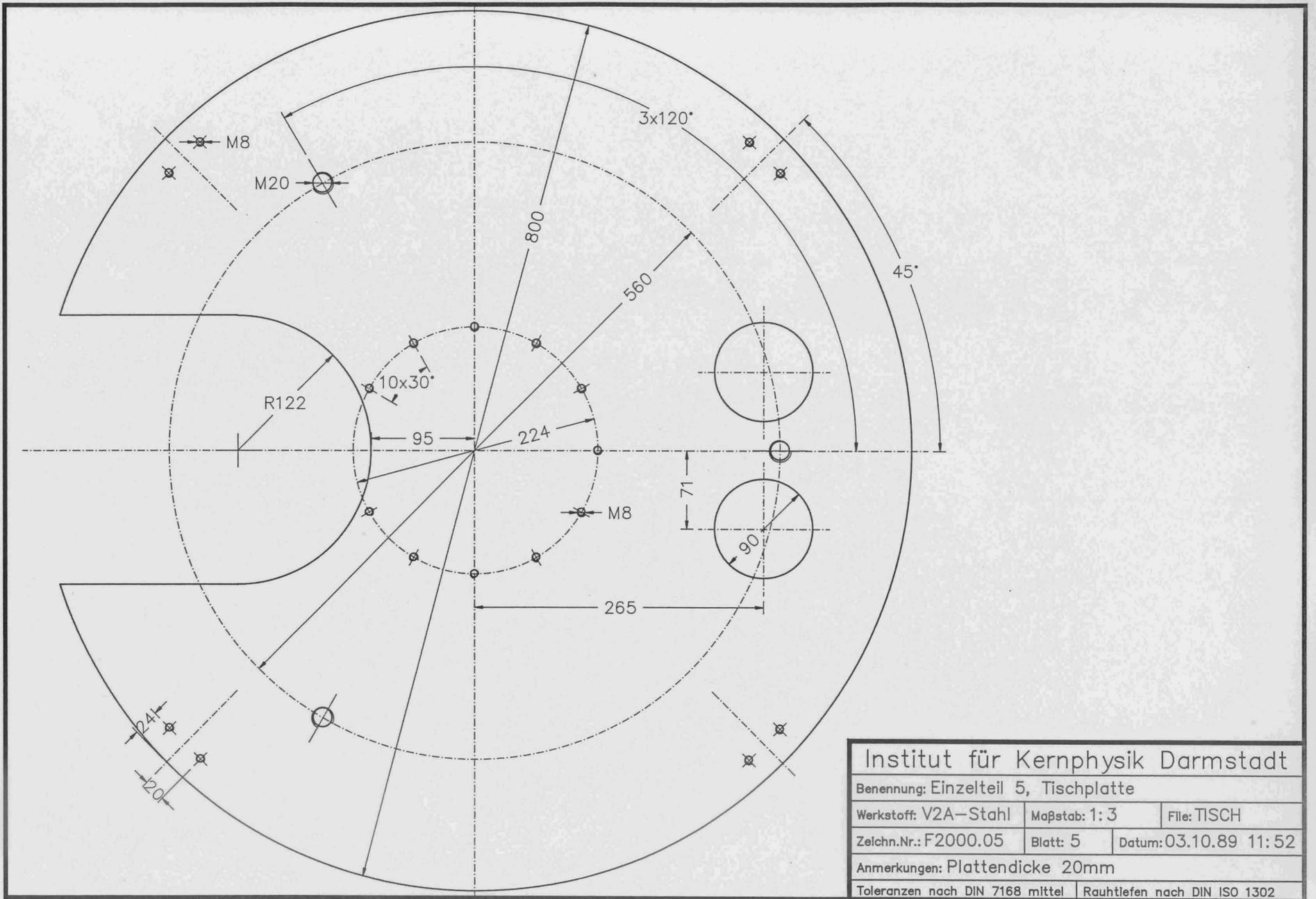
Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 1, untere Fußplatte		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 2	File: FUSSUNTEN
Zechn.Nr.: F2000.01	Blatt: 2	Datum: 03.10.89 11: 05
Anmerkungen:		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

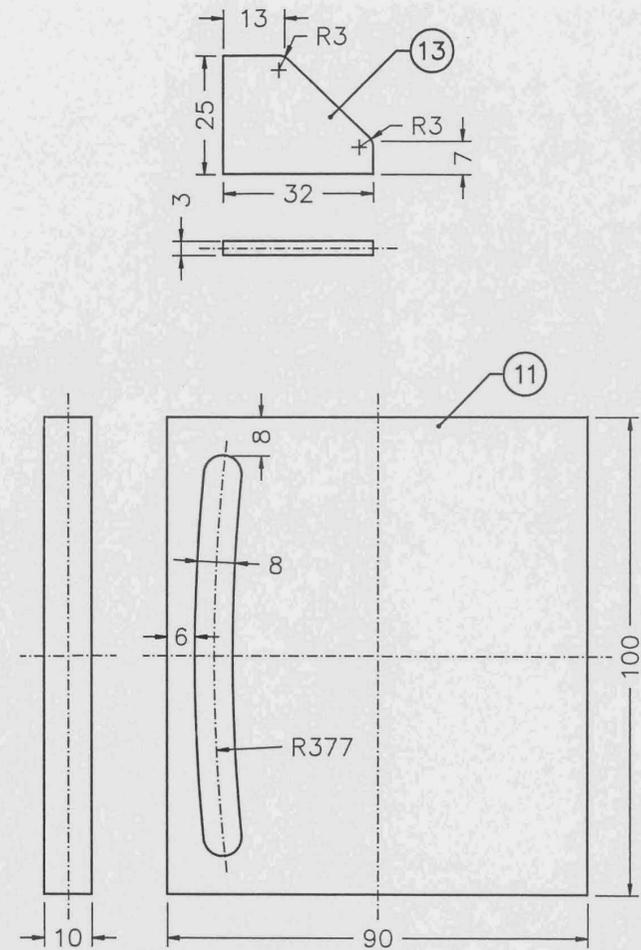
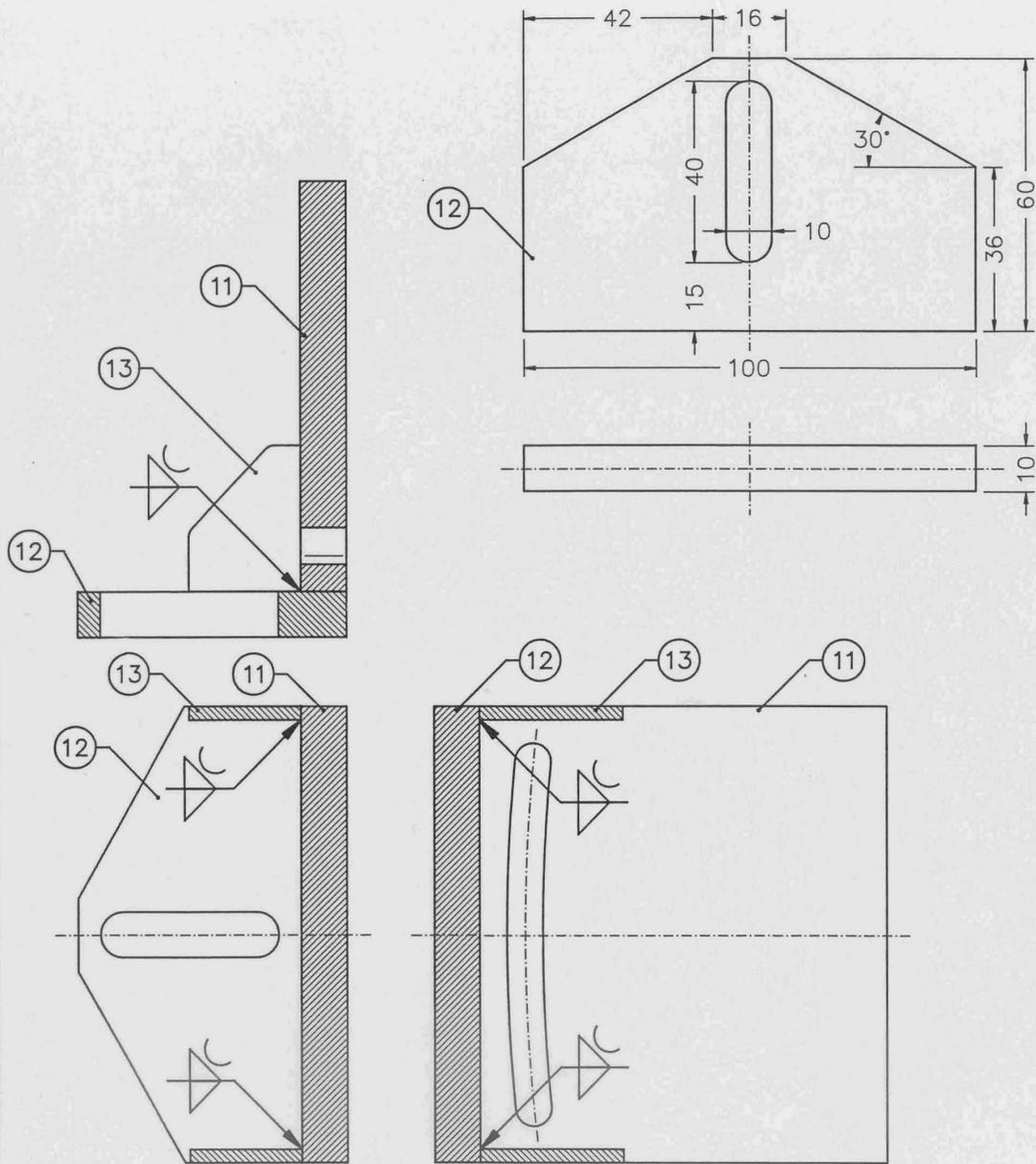
Einzelteil 2 auf Blatt 3
 Einzelteil 3 auf Blatt 4



Institut für Kernphysik Darmstadt		
Benennung: Einzelteil 2, Fuß		
Werkstoff: V2A-Stahl	Maßstab: 1: 2	File: FUSSZYL
Zeichn.Nr.: F2000.02	Blatt: 3	Datum: 03.10.89 11:17
Anmerkungen:		
Toleranzen nach DIN 7168 mittel		Rauhtiefen nach DIN ISO 1302







Institut für Kernphysik Darmstadt

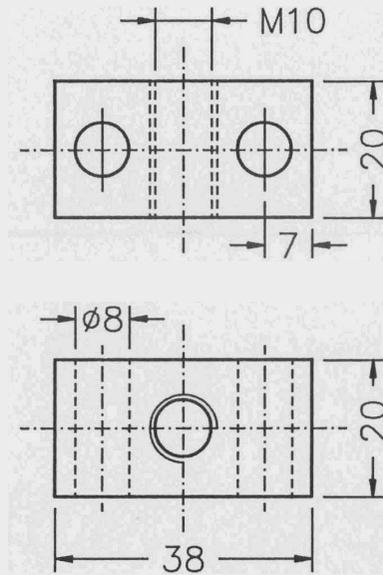
Benennung: Einzelteile 11, 12 und 13, Just. horizontal

Werkstoff: V2A-Stahl Maßstab: 1:1 File: JUSTXY

Zeichn.Nr.: F2000.11 Blatt: 6 Datum: 03.10.89 12: 49

Anmerkungen: jedes Einzelteil je 4 mal

Toleranzen nach DIN 7168 mittel Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteil 15, Justierklötzchen horizontal

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: JUSTKLOTZ

Zelchn.Nr.: F2000.15

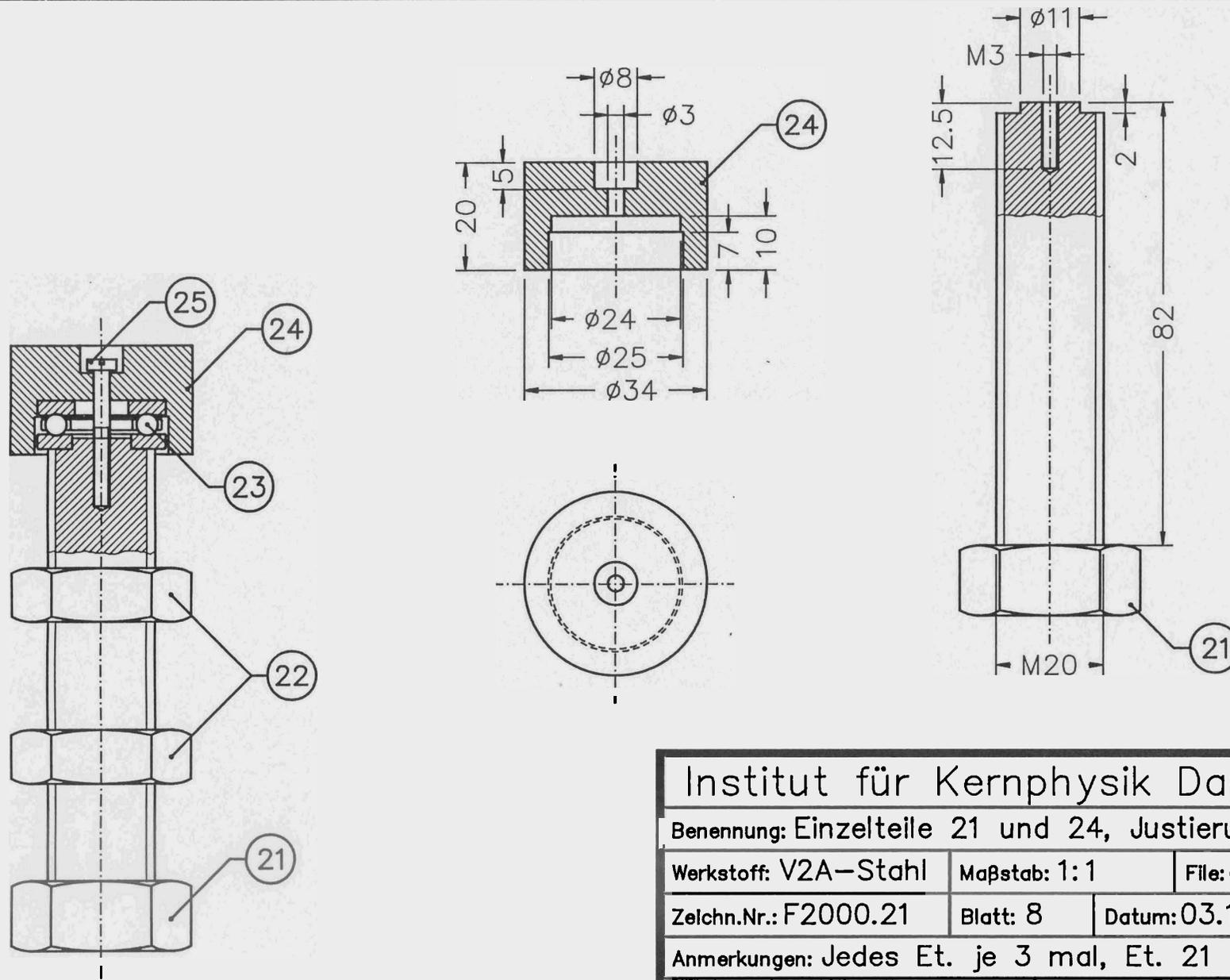
Blatt: 7

Datum: 03.10.89 13:04

Anmerkungen:

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302



Institut für Kernphysik Darmstadt

Benennung: Einzelteile 21 und 24, Justierung vertikal

Werkstoff: V2A-Stahl

Maßstab: 1:1

File: JUSTZ

Zelchn.Nr.: F2000.21

Blatt: 8

Datum: 03.10.89 13:09

Anmerkungen: Jedes Et. je 3 mal, Et. 21 aus V4A

Toleranzen nach DIN 7168 mittel

Rauhtiefen nach DIN ISO 1302

Literaturverzeichnis

- [1] H.-D. Gräf, H. Miska, E. Spamer, O. Titze and Th. Walcher, Nucl. Instr. Meth. **153** (1978) 9
Th. Walcher, R. Frey, H.-D. Gräf, E. Spamer and H. Theissen, Nucl. Instr. Meth. **153** (1978) 17
D. Schüll, J. Foh, H.-D. Gräf, H. Miska, R. Schneider, E. Spamer, H. Theissen, O. Titze and Th. Walcher, Nucl. Instr. Meth. **153** (1978) 29
J. Foh, R. Frey, R. Schneider, A. Schwierczinski, H. Theissen and O. Titze, Nucl. Instr. Meth. **153** (1978) 43
- [2] A. Richter, Phys. Bl. **43** (1987) 452
- [3] M. Knirsch, Dissertation, TH Darmstadt, in Vorbereitung
- [4] K.-D. Hummel, Dissertation, TH Darmstadt, in Vorbereitung
- [5] A. Steinmetz, Diplomarbeit, TH Darmstadt, in Vorbereitung
- [6] A. Stiller, Diplomarbeit, TH Darmstadt, in Vorbereitung
- [7] H. Diesener, Diplomarbeit, TH Darmstadt (1989), unveröffentlicht
- [8] D. Kleinhanss, Diplomarbeit, TH Darmstadt (1989), unveröffentlicht
- [9] G. Hartung, Diplomarbeit, TH Darmstadt (1989), unveröffentlicht
- [10] Informationsblatt des Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin GmbH, Spezialgedichtete Vakuumkammer zur Aufnahme von Ionenstrahl-Zielen und großen Detektoren, Berlin, April 1985
- [11] E.J. Feldl, J.T. O'Brien, L.W. Fagg, Hall Crannell and D.I. Sober, Nuclear Instruments and Methods **A274** (1989) 439
- [12] H. Hohmeyer, persönliche Mitteilung
- [13] Particle Data Properties Booklet, (North-Holland Amsterdam, 1988), S. 95
- [14] H.-W. Thümmel, Durchgang von Elektronen- und Betastrahlung durch Materieschichten, (Akademie-Verlag, Berlin, 1974)