

---

# Planung und Bau einer zusätzlichen Detektor-Halterung am QCLAM zur Verbesserung der Wartungs-Sicherheit der Detektorsysteme

---

Design and construction of an additional detector mount at the QCLAM for improving the maintenance safety of the detection systems

Miniforschung

Von: Michael Mathy

Datum: Oktober 2013

Betreuerin: Dipl.-Phys. Simela Aslanidou



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Fachbereich Physik  
Institut für Kernphysik  
AG Pietralla \ AG von Neumann-Cosel



---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung und Motivation</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Die neue Detektor-Halterung</b>	<b>4</b>
2.1	Anforderungen und Probleme . . . . .	4
2.2	Konstruktionsübersicht . . . . .	4
2.2.1	Schienenblock . . . . .	7
2.2.2	Befestigung unten . . . . .	8
2.2.3	Befestigung oben . . . . .	9
2.3	Erste Installation . . . . .	10
2.4	Verwendung der Halterung . . . . .	11
2.5	Aktueller Status und Ausblick . . . . .	11
	<b>Anhang</b>	<b>12</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>23</b>



## 1 Einleitung und Motivation

Am Darmstädter Elektronenbeschleuniger S-DALINAC befindet sich das magnetische Elektronenspektrometer QCLAM [5], welches die Flugbahn und Impuls von zuvor gestreuten Elektronen vermessen kann. Das hierfür verwendete Detektor-System besteht aus drei Driftkammern, einem Szintillator sowie einem Čerenkovdetektor [3, 4] und befindet sich am Ende der Vakuumkammer vor einem Austrittsfenster (siehe Abbildung 1.1 und 2.2). In der Vakuumkammer sorgt ein Magnetfeld für die Ablenkung der Elektronen. Das Detektor-System ist auf zwei Halteschlitten verteilt, welche in vier Führungsschienen (zwei Schienen oben und zwei unten) eingehängt werden. So können die Detektoren für Wartungsarbeiten seitlich aus dem Abschirmungsgehäuse heraus geschoben und in einen Hallenkran eingehängt werden. Nach den Wartungsarbeiten werden die Halteschlitten wieder in die Führungsschienen eingefädelt. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass ein Halteschlitten mit Detektoren ein Gesamtgewicht von ca. 150 kg besitzt [2] und auf Grund der Neigung der kompletten Halterung ein Drehmoment erzeugt wird. Dieses Drehmoment sowie die Tatsache, dass an dem QCLAM wenig Platz für die Montage und Demontage zur Verfügung steht, haben zur Folge, dass das Herausschieben bzw. Einfädeln der Halteschlitten risikobehaftet ist. Denn mittig an der Abschlusswand der Vakuumkammer befindet sich das Austrittsfenster für die zu detektierenden Elektronen. Dieses ist durch eine 50 Mikrometer dicke Mylar-Folie verschlossen [3]. Zwischen dem innersten Detektor und der Mylar-Folie sind nur wenige Millimeter Platz, wobei jede Berührung der Folie zu einem sofortigen Einreisen dieser führen kann. Da der Einbau bei evakuierter Vakuumkammer stattfinden, entsteht beim Einreisen der Folie ein Luftsog, welcher ausreicht um die empfindlichen Detektoren stark zu beschädigen und die Sicherheit der Mitarbeiter gefährdet [2]. So stellt bisher das Ein- bzw. Ausbauen der Detektoren einen großen Arbeitsaufwand mit nicht zu vernachlässigendem Gefahrenpotential dar. Um diese Probleme in Zukunft zu beseitigen, soll im Rahmen dieser Miniforschung eine zusätzliche Detektor-Halterung konstruiert werden, welche die Führungsschienen seitlich verlängert. So können die Detektoren auf die zusätzlichen Schienen gefahren werden und von dort einfacher ein- bzw. ausgefädelt werden, ohne sich in der Nähe der Folie zu befinden und das Detektorsystem oder die Folie zu gefährden.

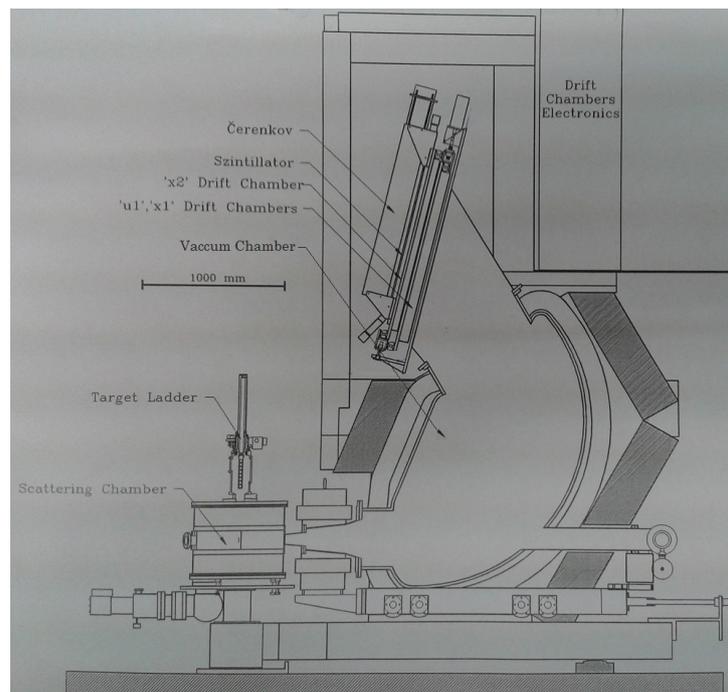


Abbildung 1.1: Zeichnung von dem Aufbau des QCALM [3]

---

## 2 Die neue Detektor-Halterung

---

Das folgende Kapitel beinhaltet alle wichtigen Informationen die zum Bau und Verwendung der zusätzlichen Detektor-Halterung benötigt werden.

---

### 2.1 Anforderungen und Probleme

---

Bei der Planung der neuen Detektor-Halterung müssen verschiedene Anforderungen, welche an die Konstruktion gestellt werden, berücksichtigt werden.

Zunächst muss bei der Konstruktion jedes Bauteils auf ausreichende Stabilität geachtet werden, sodass die Detektorsysteme sicher gehalten werden. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass die Halterung nur an sehr wenigen Stellen am QCLAM fixiert werden kann und nur ein begrenzter Raum zum Aufstellen der Halterung zu Verfügung steht. So befindet sich auf dem Boden 120 mm neben der Vakuumkammer ein ungefähr 150 mm hoher und 220 mm breiter Abschirmungsblock des Türsystems (siehe Abbildung 2.2). Über diesen müssen die Detektoren bei Ein- und Ausbau hinweg bewegt werden.

Weiter soll die Größe der Halterung und die Anzahl der Einzelteile so gering wie möglich gehalten werden, um den Aufwand bei der Produktion, Verwendung und Lagerung zu minimieren.

Die Abstände und Positionierungen der Führungsschienen müssen so genau wie möglich an die Lage der vorhandenen Führungsschienen am QCLAM angepasst werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Detektor-Systeme beim Verschieben auf die neue Halterung nicht verkanten. Um bei der Fertigung und Installation flexibel bei der Positionierung zu sein, werden einige Bauteile verstellbar realisiert.

Schweißnähte sollten vermieden werden, da die Werkstatt des Instituts nur bedingt in der Lage ist Werkstücke miteinander zu verschweißen. Aus diesem Grund soll die komplette Konstruktion verschraubt werden.

In den folgenden Kapiteln wird erläutert, wie diese Anforderungen im Einzelnen aussehen und sie in der Konstruktion umgesetzt werden.

---

### 2.2 Konstruktionsübersicht

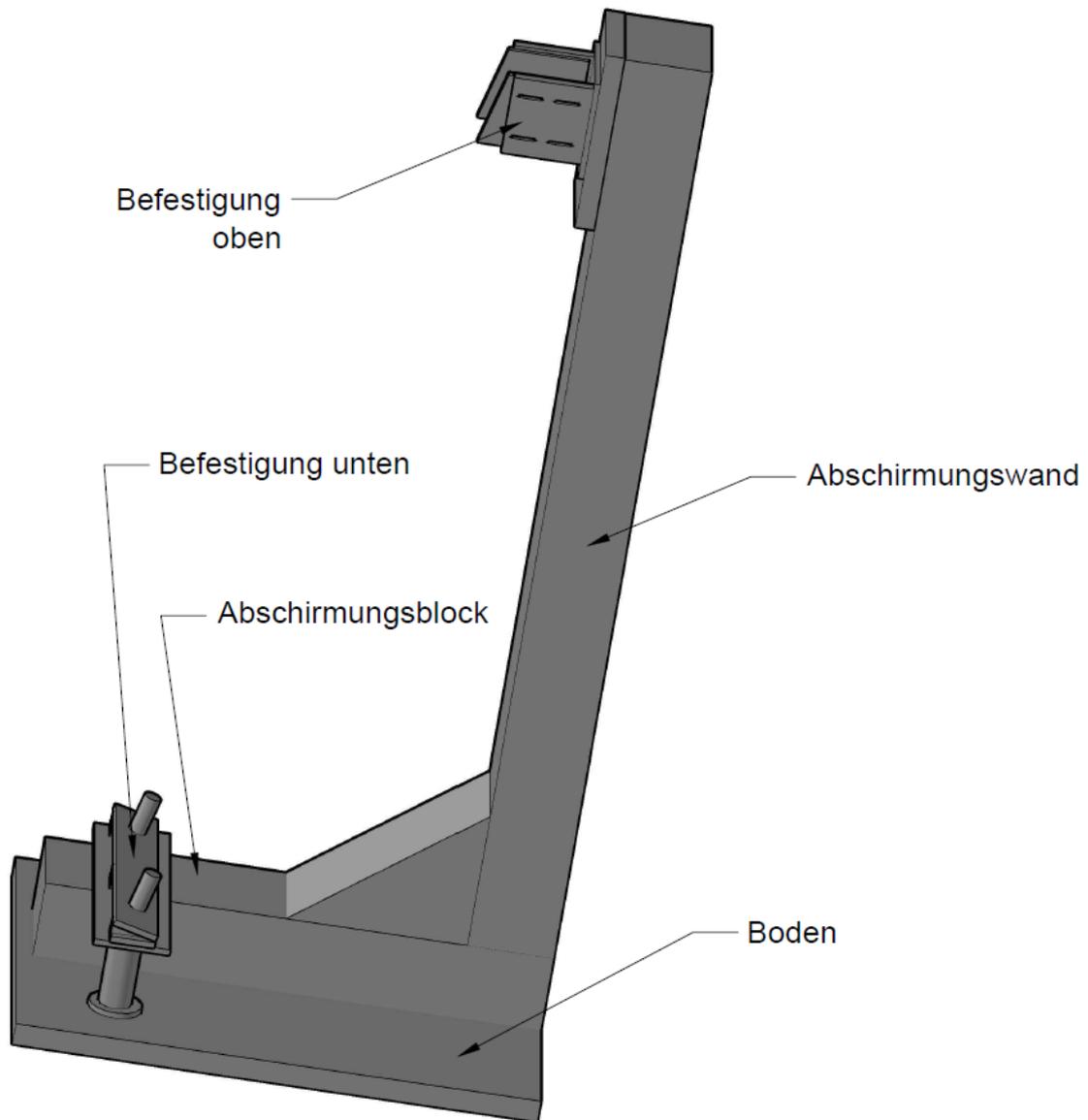
---

Zur Übersicht ist die gesamte Konstruktion in Abbildung 2.1 als 3D-Modell dargestellt. Es wurde entschieden, kein fest verbundenes Gestänge zu verwenden, sondern zwei einzelne Befestigungen zu designen. Dies soll die Komplexität beim Bau der neuen Halterung verringern. Dazu wird eine obere und eine untere Befestigung verwendet, welche getrennt voneinander an vorhandenen Bauteilen des QCLAM fixiert werden. Zur Fixierung der unteren Befestigung wird der Boden und der Abschirmungsblock von dem Türsystem des QCLAM verwendet. Bei der oberen Befestigung wird eine Bleiwand der Abschirmung ausgenutzt (siehe Abbildung 2.2). Auf den beiden Befestigungen wird ein Schienenblock, auf welchem je zwei Führungsschienen angebracht sind, befestigt (siehe Abbildung 2.3 und 2.4). Es sind zwei Führungsschienen pro Schienenblock nötig, da das Detektorsystem auf zwei Halteschlitten aufgeteilt ist. Der Schienenblock an der oberen Befestigung wird mit Schrauben fest fixiert. Der Schienenblock an der unteren Befestigung wird hingegen auf zwei Führungsstangen gesteckt. So kann seine Höhe durch einfaches Hochziehen des gesamten Blockes variiert werden, um die Höhe der neuen Führungsschienen an die Höhe der vorhandenen Führungsschienen anzupassen.

Die Führungsschienen samt Schienenblöcke werden 550 mm lang gebaut und sollen so angebracht werden, dass zwischen den neuen und alten Führungsschienen ein Abstand von ca. 20 mm vorliegt. Dadurch wird gewährleistet, dass die Detektoren ausreichend weit zur Seite geschoben werden können und genügend Platz vorhanden ist, um die Detektoren in den Kran einzuhängen.

Die drei eben erwähnten Hauptbauteile (Schienenblock, Halterung unten, Halterung oben) werden in

den folgenden Unterkapitel näher beschrieben. Alle vollständigen Baupläne sowie die benötigte Stückzahl der Einzelteile befinden sich im Anhang.



**Abbildung 2.1:** 3D Modell der gesamten Konstruktion. Die obere Befestigung ist in der Horizontalen verstellbar und wird mit mehreren Schrauben an der Abschirmungswand fixiert. Die untere Befestigung wird mit mehreren Schrauben am Abschirmungsblock fixiert und zusätzlich durch eine Fuß gestützt. An beide Befestigungen wird jeweils ein Schienenblock (hier nicht zu sehen) angebracht.



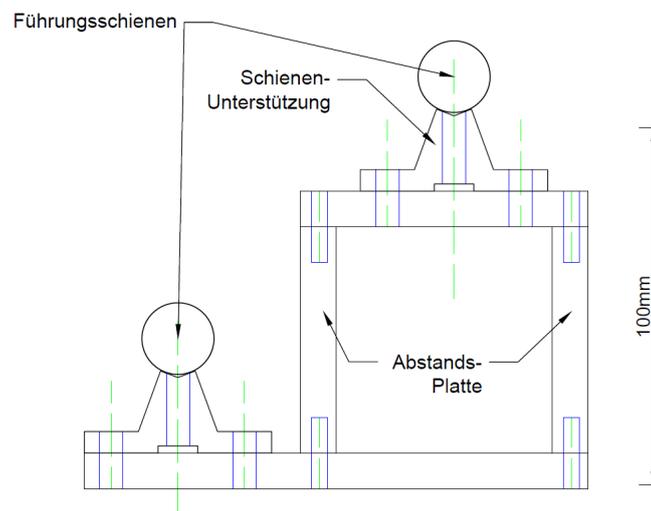
**Abbildung 2.2:** Aufnahme vom QCLAM mit eingebauten Detektorsysteme: (1) Čerenkovdetektor; (2) Angeschlossene Driftkammern; (3) Vakuumkammer; (4) Abschirmungswand; (5) Abschirmungstür; (6) Szintillator; (7) Vorhandene, untere Führungsschienen. Sie sind auf dem Foto durch eine Schutzplatte verdeckt; (8) Abschirmungsblock;

## 2.2.1 Schienenblock

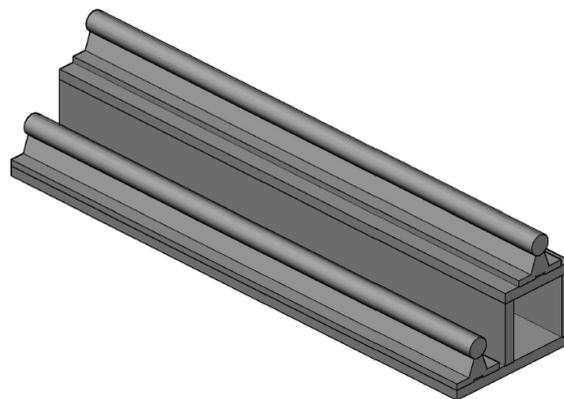
Die zum Aufhängen der Detektoren benötigten Führungsschienen werden auf einem Schienenblock befestigt (siehe Abbildung 2.3 und 2.4). Die Schienen müssen einen Durchmesser von 20 mm besitzen damit die Kugellager der Halteschlitten eingefädelt werden können. Es befinden sich auf jedem Schienenblock zwei Führungsschienen, welche auf zwei Unterstützungen befestigt werden. Dazu werden die Schienen mit den Unterstützungen verschraubt. Die Länge der Führungsschienen wird wie oben erwähnt auf 550 mm festgelegt und am Ende der Schiene wird eine Fase angebracht um das Einfädeln zu erleichtern. Es ist anzumerken, dass die Schienen und die dazugehörigen Unterstützungen nicht in der Werkstatt des Instituts gefertigt, sondern bei der Firma Lineartechnik Korb [1] bestellt wurden. Die Typenbezeichnung lautet: "WE20F/550 komplett mit SLU20K".

Die beiden Schienen-Unterstützungen werden auf zwei Platten verschraubt, welche wiederum durch zwei Abstands-Platten verbunden werden. Die Abstands-Platten sorgen für die benötigte Entfernung der beiden Schienen. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass der Abstand der Führungsschienen mit dem Abstand der Schienen in der schon vorhandenen Halterung übereinstimmt. Dafür wurde bei der Planung des Schienenblockes die Baupläne der ursprünglichen Halterung berücksichtigt [3].

Von den Maßen der Schienenblöcke ausgehend, wurden die Bauweise und Ausmaße der oberen und unteren Befestigung entwickelt.



**Abbildung 2.3:** 2D Zeichnung des Schienenblocks. Die Abstandsplatten sorgen für den benötigten Abstand der beiden Führungsschienen.

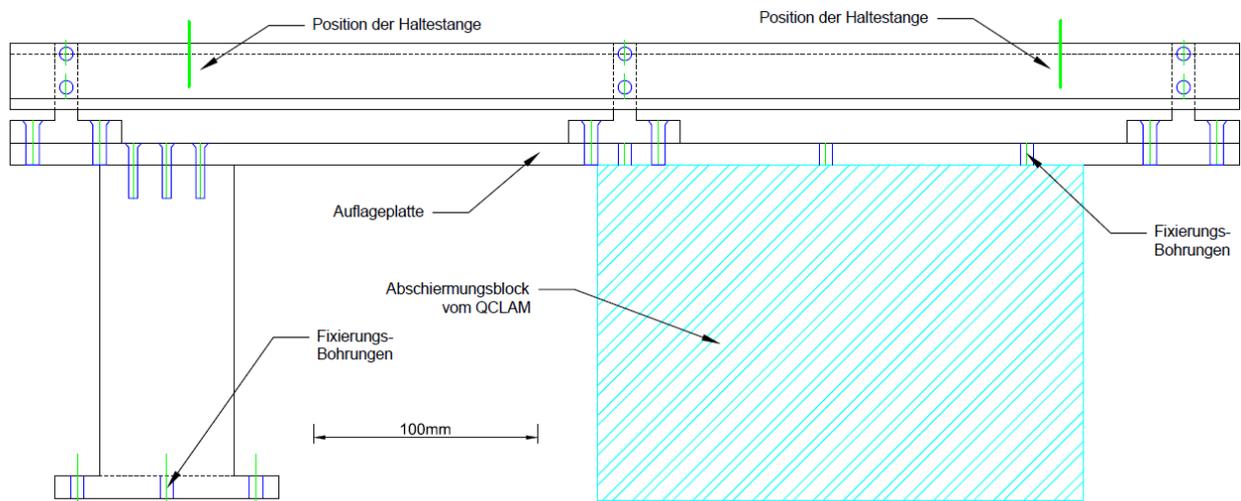


**Abbildung 2.4:** 3D Model des Schienenblocks mit 550 mm langen Führungsschienen. Die Fasen am Ende der Schienen sind nicht dargestellt.

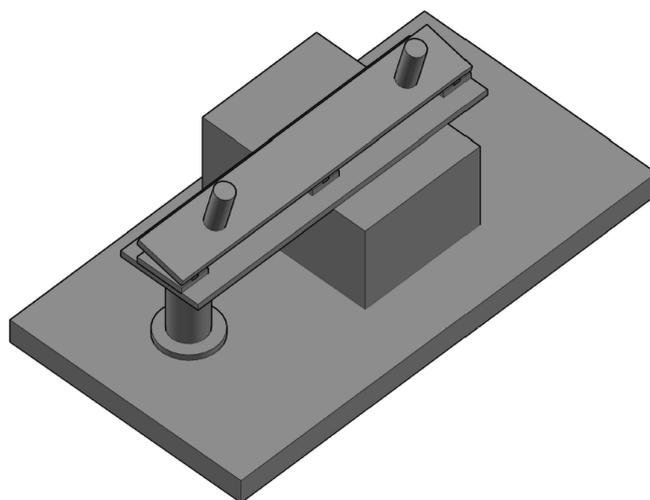
## 2.2.2 Befestigung unten

Die untere Befestigung dient dazu die Detektor-Systeme in dem, zu der schon vorhanden Vorrichtung passenden, Neigungswinkel zu halten. Die Auflageplatte der Befestigung wird auf den Abschirmungsblock gelegt und kann mit sechs Schrauben an diesem fixiert werden. Zusätzlich wird die Auflageplatte mit einem Rundfuß, welcher auf dem Boden aufsitzt, gestützt (siehe Abbildung 2.5 und 2.6). Der Rundfuß kann mit vier Schrauben im Boden fixiert werden.

Der Aufbau auf der Auflageplatte besitzt eine Neigung von ca.  $14^\circ$  relativ zur Horizontalen und zwei fest installierte Haltestangen (diese sind in der 2D Zeichnung nur durch zwei grüne Hilfslinien angedeutet). Auf diese Haltestangen wird der untere Schienenblock gesteckt. So kann die Höhe des unteren Schienenblockes, wie auch schon bei der vorhandenen Halterung, durch Anheben verändert werden. Dies ermöglicht es die benötigte Höhe der unteren Führungsschienen einzustellen .



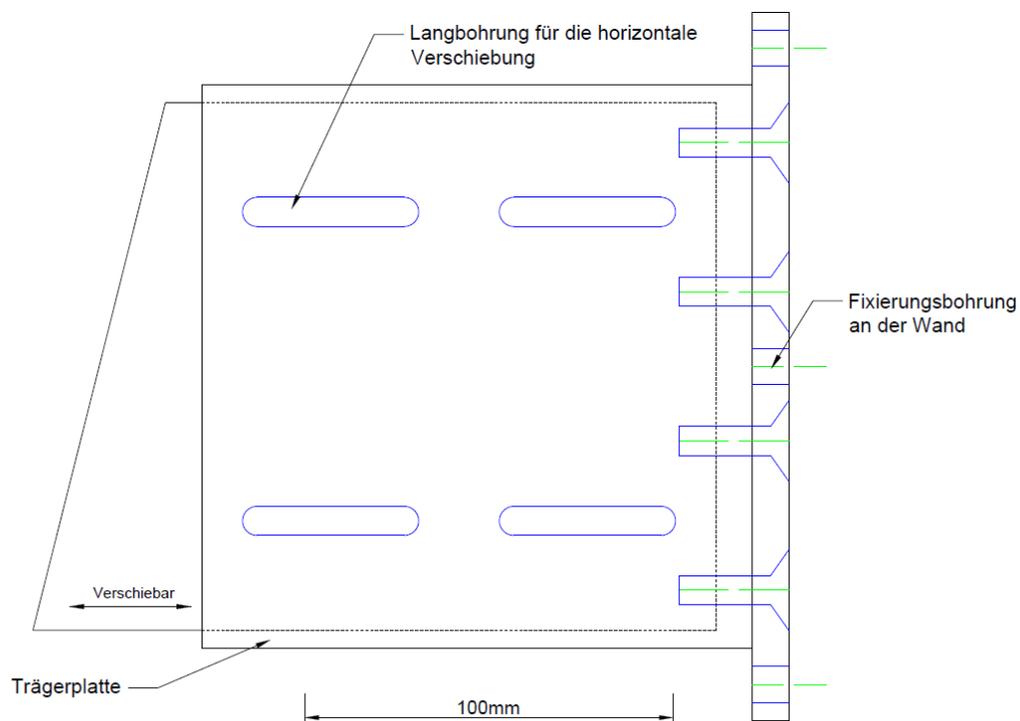
**Abbildung 2.5:** 2D Zeichnung der unteren Befestigung. Die Haltestangen sind nur durch zwei grüne Striche angedeutet.



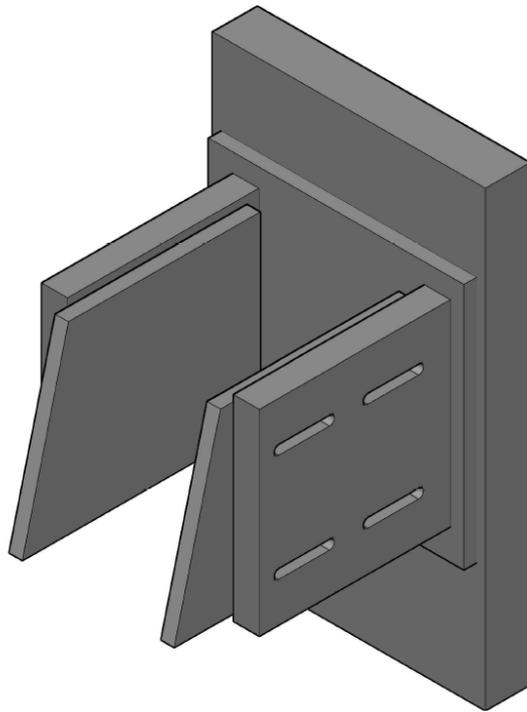
**Abbildung 2.6:** 3D Modell der unteren Befestigung. Sie wird auf dem Abschirmungsblock sowie mit Hilfe des Rundfußes an dem Boden fixiert. Der untere Schienenblock wird auf die beiden Haltestangen gesteckt. Der Schienenblock ist hier nicht zusehen.

### 2.2.3 Befestigung oben

Die obere Befestigung trägt das Hauptgewicht der Detektor-Systeme und wird an der Abschirmungswand des QLCAM fixiert. Hierzu wird eine Platte mit sieben Schrauben an der Wand fixiert (siehe Abbildung 2.7 und 2.8). Auf dieser Platte werden zwei Trägerplatten lotrecht befestigt. Die Trägerplatten werden mit je 4 Langbohrungen versehen, an denen die Befestigung für den Schienenblock fixiert wird. So kann der Schienenblock, in einem Spielraum von einigen Zentimeter, in der Horizontalen verschoben werden. Dadurch kann bei der Installation der Befestigung der richtige Abstand des Schienenblocks zur Abschirmungswand eingestellt werden. Um das Gewicht der Detektoren sicher zu tragen, werden bei dieser Befestigung breitere Bauteile und größere Schraubentypen verwendet als bei der restlichen Konstruktion.



**Abbildung 2.7:** 2D Zeichnung der oberen Befestigung. Der obere Schienenblock, welcher hier nicht zusehen ist, wird auf den abgeschrägten Platten befestigt. Diese Platten werden mit Schrauben an der Langbohrung der Trägerplatten befestigt und sind so in der Horizontalen verstellbar.



**Abbildung 2.8:** 3D Modell der oberen Befestigung ohne den oberen Schienenblock. Die Befestigung wird an der Abschirmungswand fixiert und ist in horizontaler Richtung verstellbar.

---

## 2.3 Erste Installation

---

Die erste Installation der Halterung ist dazu gedacht, die Positionen der Bohrlöcher, welche zur Fixierung der oberen und unteren Befestigungen benötigt werden, zu bestimmen. Dies muss bei eingesetzten Detektoren geschehen, wobei zuerst das Detektorsystem mit Hilfe des Schrittmotors so weit wie möglich nach oben gefahren werden muss. Nur so ist es möglich, die Detektoren sicher auf die neue Halterung zu schieben, ohne dabei mit den Detektoren gegen den Abschirmungsblock zuschlagen.

Die untere Befestigung wird auf den Abschirmungsblock gelegt, sodass zwischen den vorhandenen Führungsschienen und den neuen Führungsschienen ein Spielraum von ca. 20 mm entsteht. Danach wird die komplette Befestigung in der Horizontalen ausgerichtet. Hierbei ist darauf zu achten, dass es mit Hilfe der Höhenverstellbarkeit des unteren Schienenblocks möglich ist, die schon vorhandenen Führungsschienen mit den neuen Führungsschienen in eine Linie zu bringen. Ist dies der Fall, werden die zehn Bohrlöcher (6 Stück im Abschirmungsblock, 4 Stück in den Boden), welche zur Fixierung der unteren Befestigung benötigt werden, markiert, anschließend gebohrt und die untere Befestigung angebracht.

Danach wird die obere Befestigung an die Abschirmungswand gehalten. Dabei wird die gesamte Befestigung in vertikaler Richtung verschoben, sodass die schon vorhandenen und die neuen Führungsschienen auf eine gleiche Höhe gebracht werden. Dann werden die sieben benötigten Bohrlöcher an der Abschirmungswand markiert und gebohrt, um die obere Befestigung an der Abschirmungswand zu fixieren. Die Befestigung bzw. der Schienenblock wird mit Hilfe der Langbohrungen (siehe Abbildung 2.7) in horizontaler Richtung verstellt, bis die alten und neuen Führungsschienen exakt in einer Linie liegen. Ist dies erreicht, werden die Schrauben an der Langbohrung fest gezogen, um die eingestellte Verschiebung in horizontaler Richtung zu fixieren. Diese Verschiebung sollte in der Zukunft nicht mehr verändert werden, da ein zu häufiges Anziehen bzw. Abdrehen der Schrauben die Langbohrungen zu sehr abnutzt.

---

## **2.4 Verwendung der Halterung**

---

Sollen die Detektoren zur Wartungsarbeit herausgefahren oder die Detektoren nach einer Wartung wieder eingebaut werden, so muss zunächst die Detektor-Halterung aufgebaut werden. Hierzu müssen beide Befestigungen an die Positionen gebracht werden, welche durch die in Kapitel 2.3 erwähnten Bohrlöcher festgelegt sind. Dann werden die Befestigungen mit den zugehörigen Schrauben (10xM6 Schrauben für unten und 7xM10 Schrauben für oben) fest fixiert. Danach können die Detektoren in die neuen Führungsschienen eingefädelt werden.

Hinweis: Die Detektor-Halterung ist nicht zur Dauerlagerung der Detektoren geeignet. Sie sollte ausschließlich zum Ein- und Ausbauen der Detektoren verwendet werden.

---

## **2.5 Aktueller Status und Ausblick**

---

Aufgrund der langen Lieferzeit für die Schienen und der Fertigungszeit für die Bauteile, konnte die Halterung nicht im zeitlichen Rahmen dieser Miniforschung fertiggestellt werden. Aktuell werden die beiden Schienenblöcke in der Werkstatt hergestellt und die schon gelieferten Schienen an den Blöcken befestigt.

Im weiteren Verlauf müssen die fertigen Schienenblöcken an die Schienen der schon vorhandene Detektor-Halterung angehalten werden, um die Abstände der Schienen sowie die geplanten Maße der Befestigungen zu überprüfen. Stimmen die Abstände der Schienen überein und können die benötigten Positionen, der Schienenblöcke mit den geplanten Befestigungen erreicht werden, sollen die Befestigung von der Werkstatt gefertigt werden. Schließlich muss die neue Halterung nach der Anleitung aus Kapitel 2.3 installiert und getestet werden.

---

## Anhang

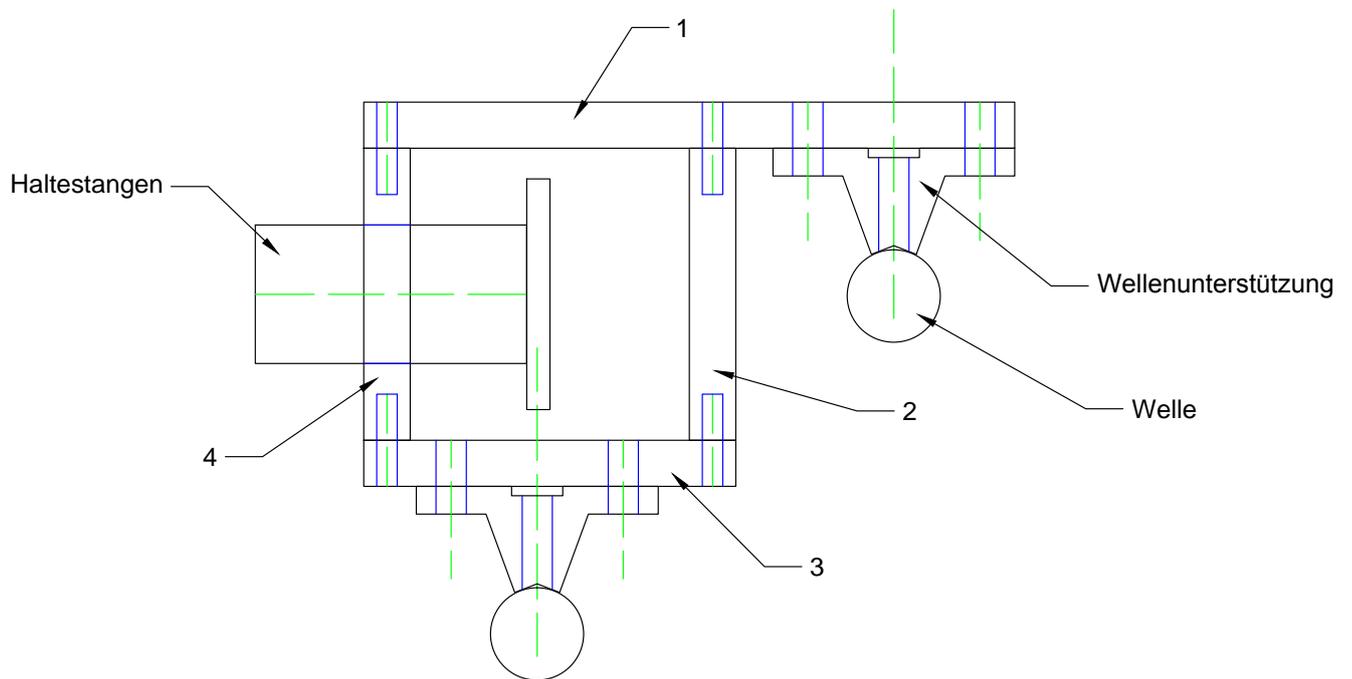
---

In diesem Anhang befinden sich alle benötigten Baupläne für die Detektor-Halterung. Dabei werden folgende Stückzahlen benötigt:

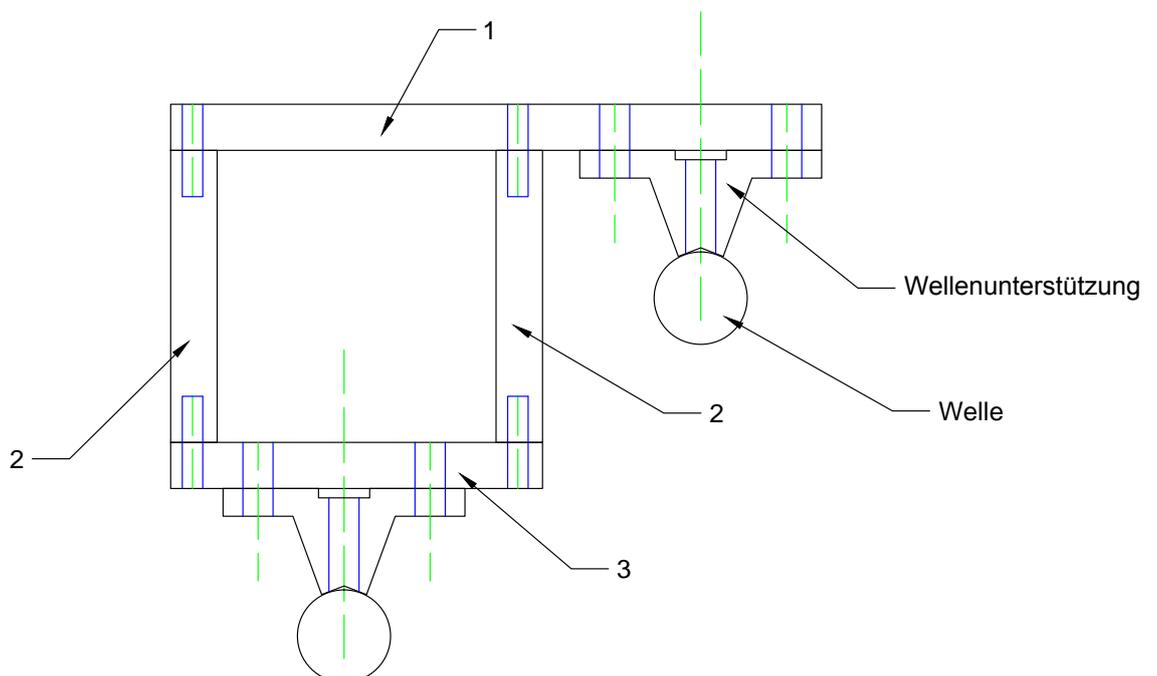
- 1 x Schienenblock unten:
  - 1 x Teil 1
  - 1 x Teil 2
  - 1 x Teil 3
  - 1 x Teil 4
  - 2 x Haltestange
  - 2 x Führungsschiene
  - 2 x Führungsschienen-Unterstützung
- 1 x Schienenblock oben:
  - 1 x Teil 1
  - 2 x Teil 2
  - 1 x Teil 3
  - 2 x Führungsschiene
  - 2 x Führungsschienen-Unterstützung
- 1 x Befestigung unten:
  - 1 x Platte
  - 1 x Fuß
  - 3 x Teil 5
  - 1 x Teil 6
- 1 x Befestigung oben:
  - 1 x Platte oben
  - 2 x Teil 7
  - 2 x Teil 8
  - 1 x Teil 9

HINWEIS: Die Baupläne im Anhang besitzen keinen eindeutigen Maßstab. Baupläne mit korrektem Maßstab befinden sich in einem Order mit dem Namen "Baupläne für die zusätzliche Detektorhalterung". Die bei der Konstruktion benötigten Führungsschienen (in den Bauplänen auch als "Welle" bezeichnet) und die dazugehörigen Unterstützungen wurden nicht in der Werkstatt des Instituts gefertigt, sondern bei der Firma Lineartechnik Korb [1] bestellt. Die Typenbezeichnung lautet: "WE20F/550 komplett mit SLU20K".

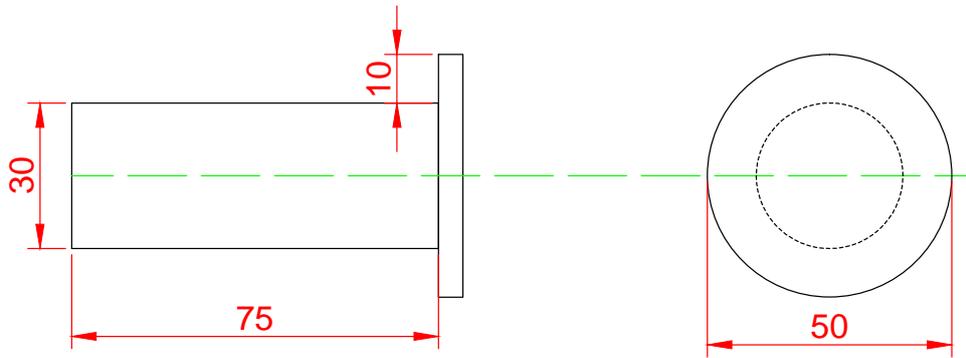
**Schienenblock Unten:**  
Seitlich



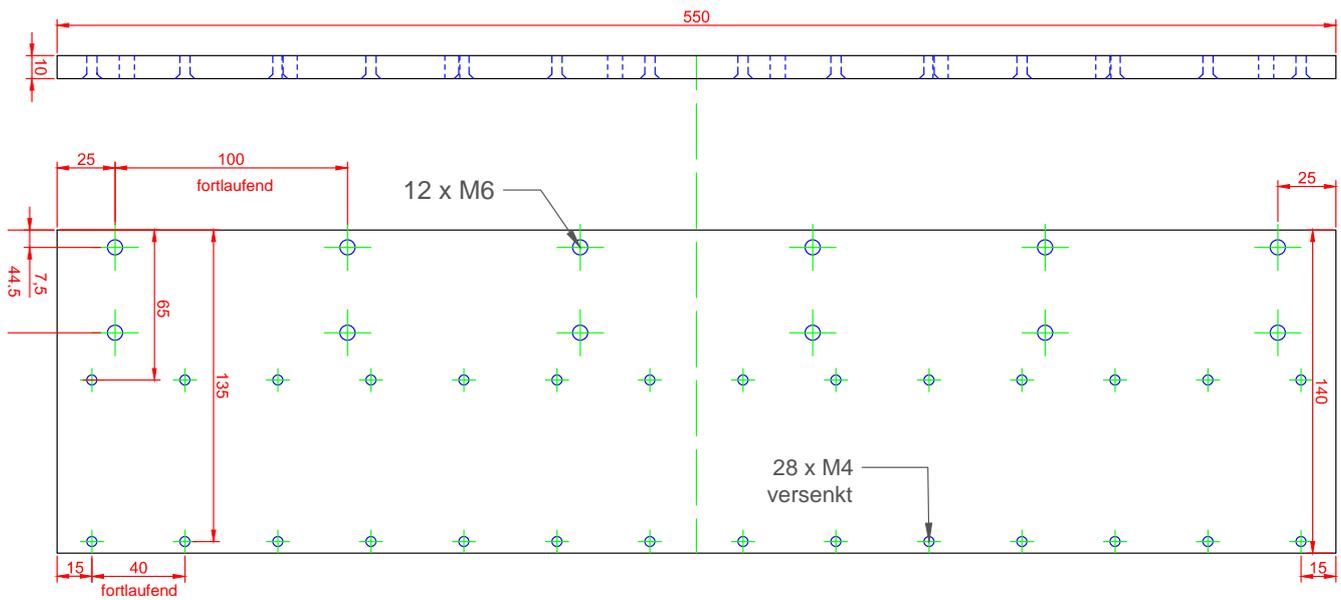
**Schienenblock Oben:**  
Seitlich



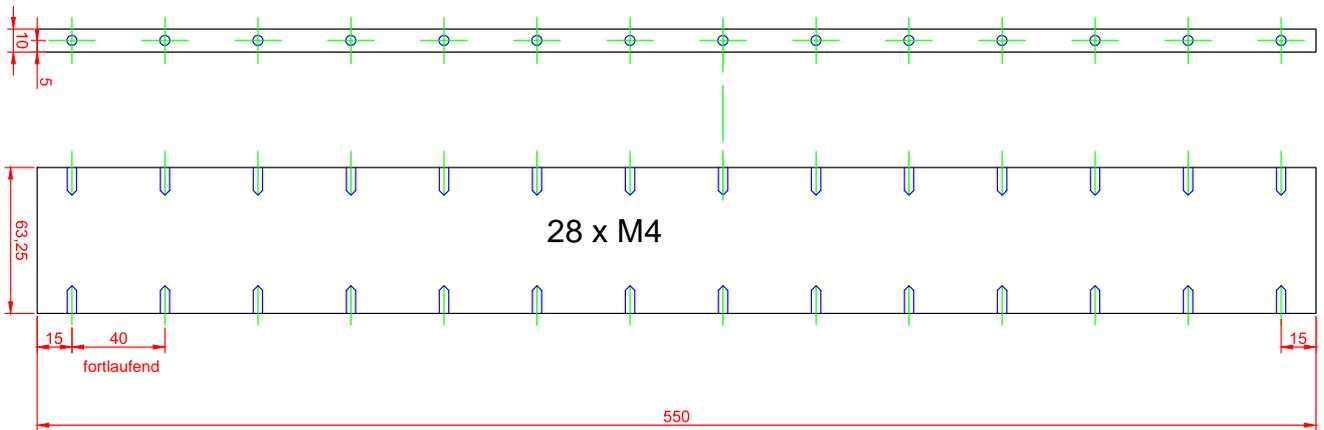
# Haltestange



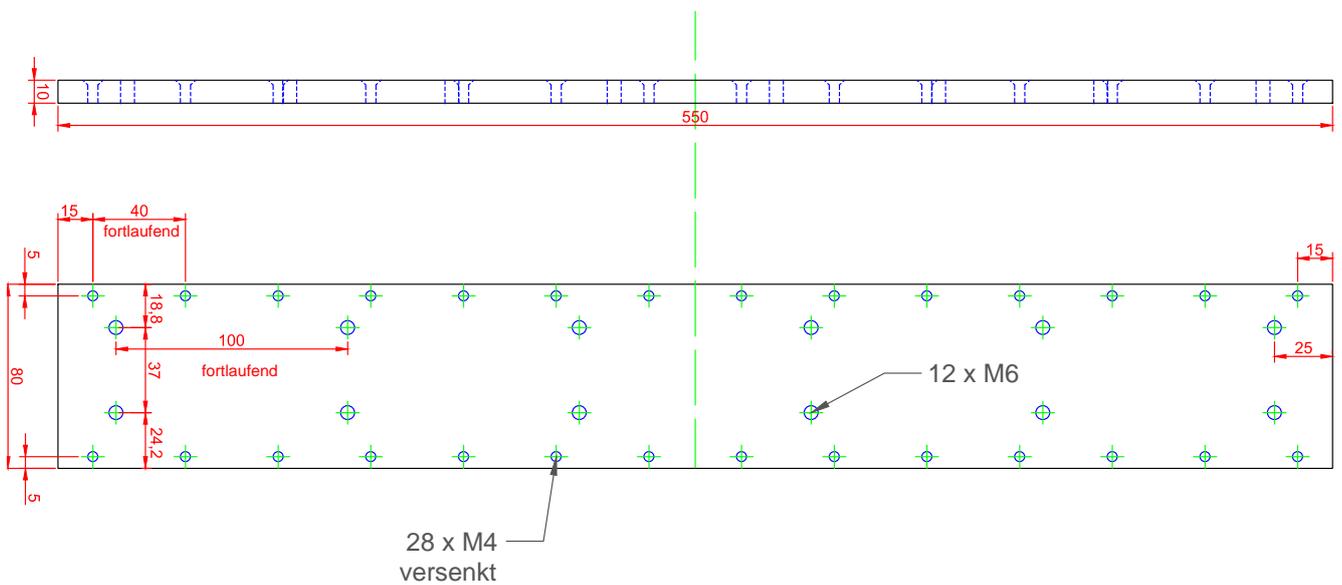
## Teil 1



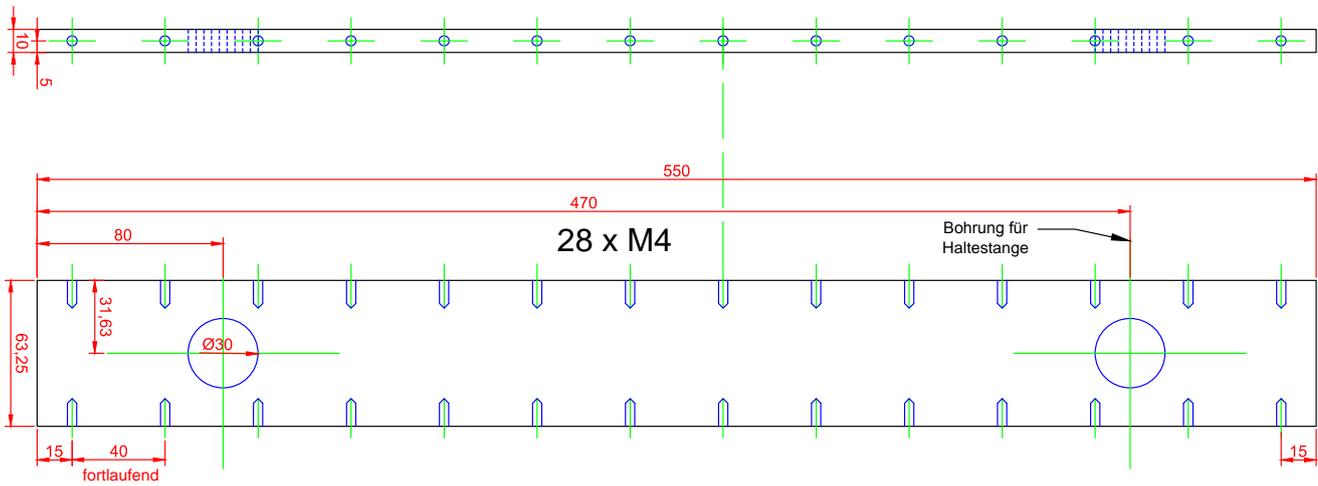
## Teil 2



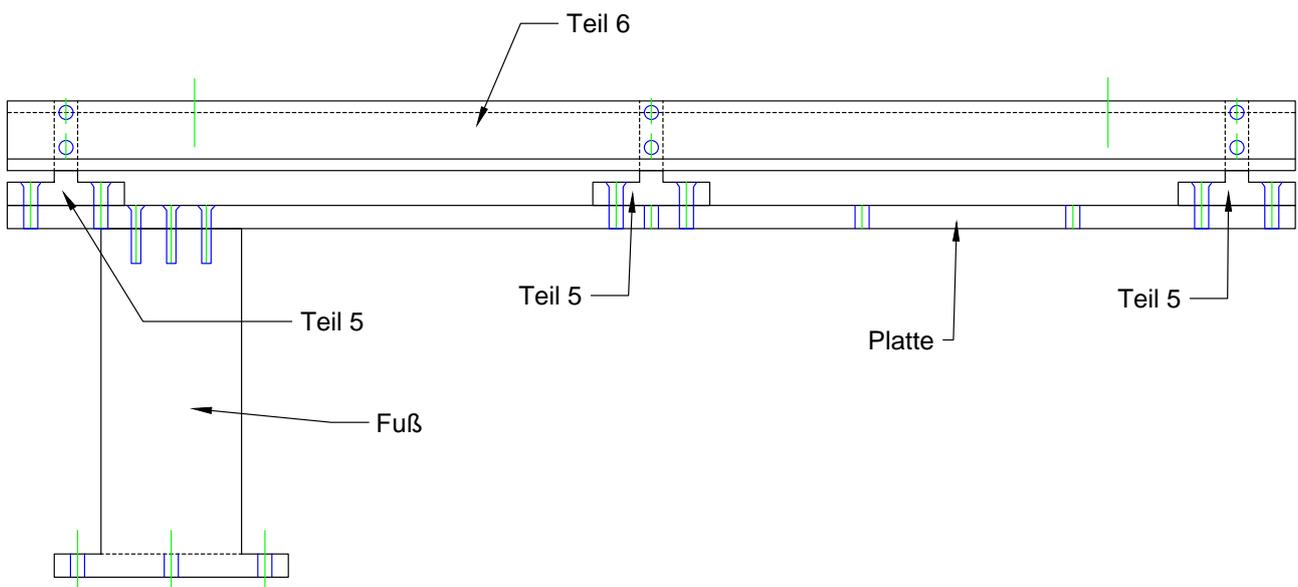
## Teil 3



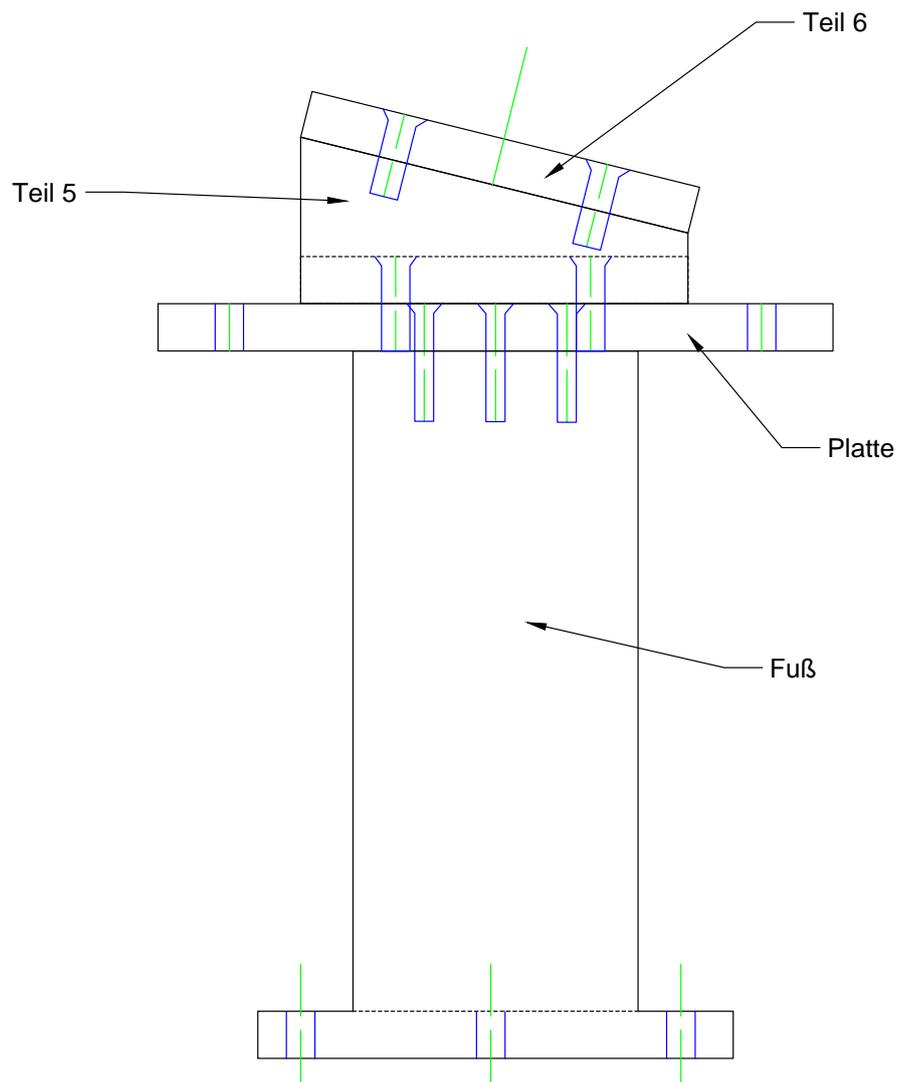
# Teil 4



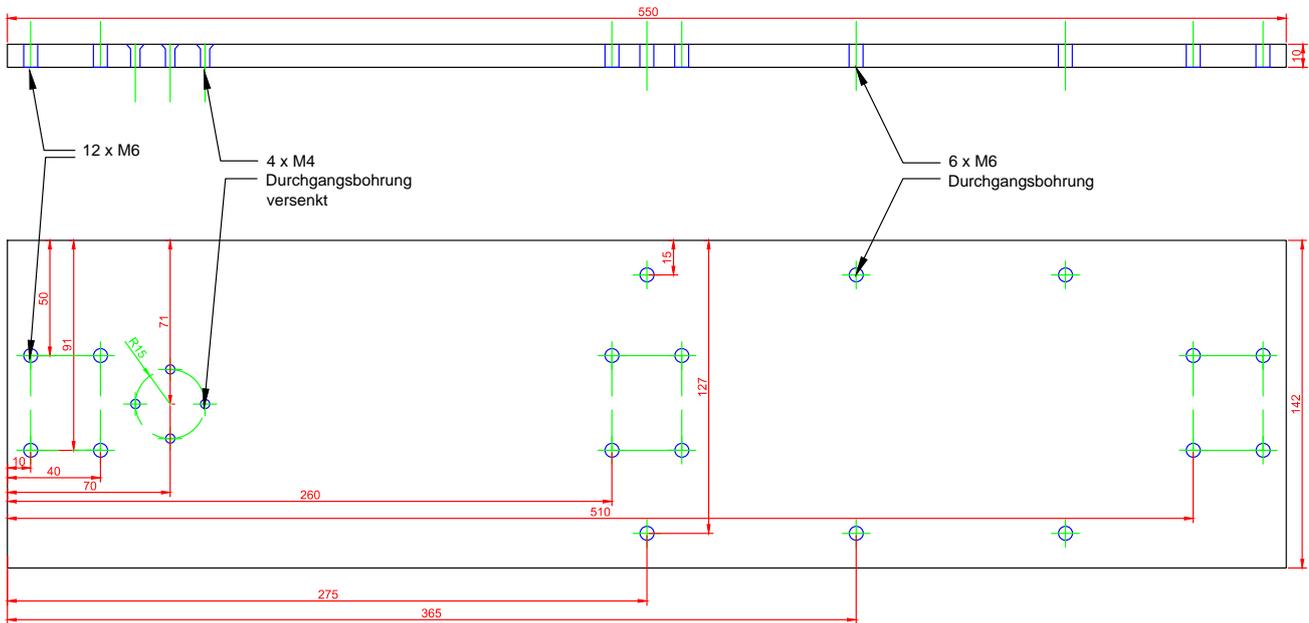
## Befestigung Unten: Längsansicht



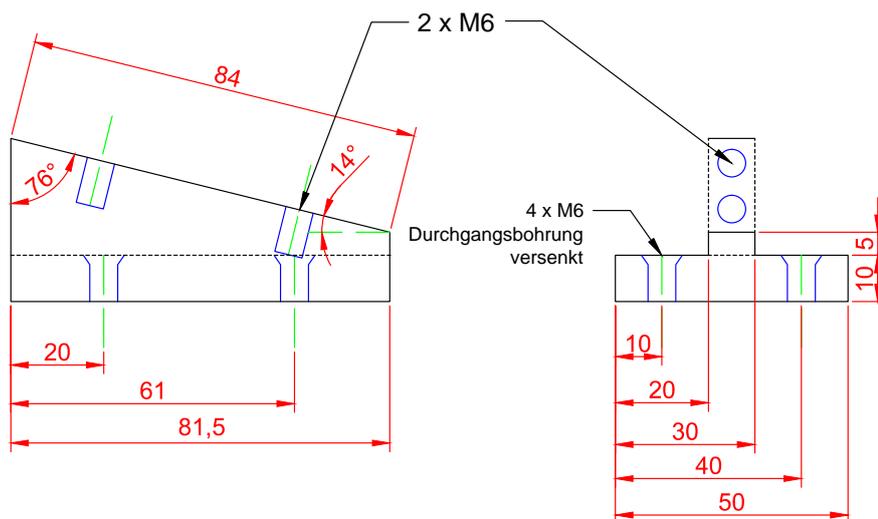
## Befestigung Unten: Seitenansicht



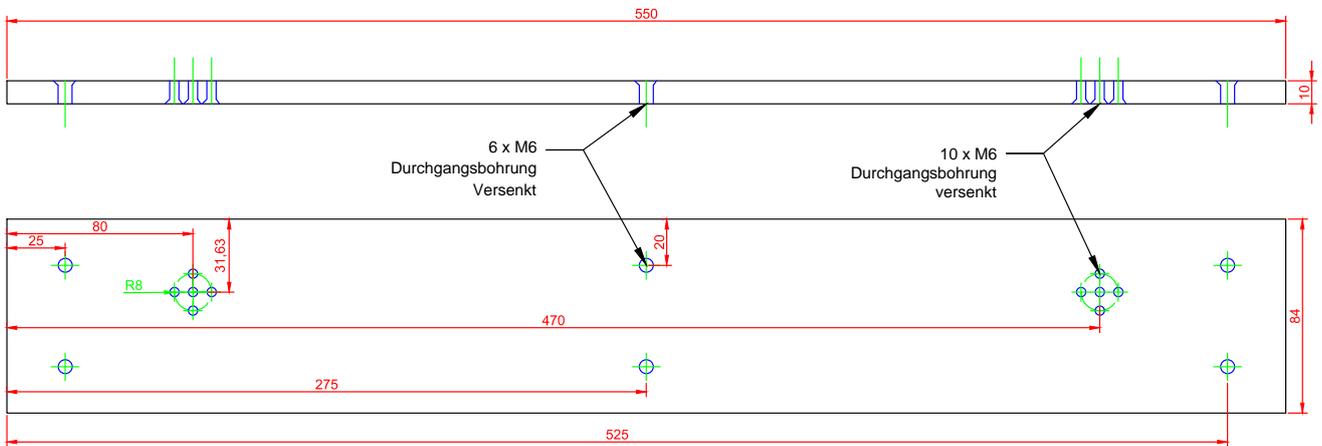
## Platte: Seitenansicht und Draufsicht



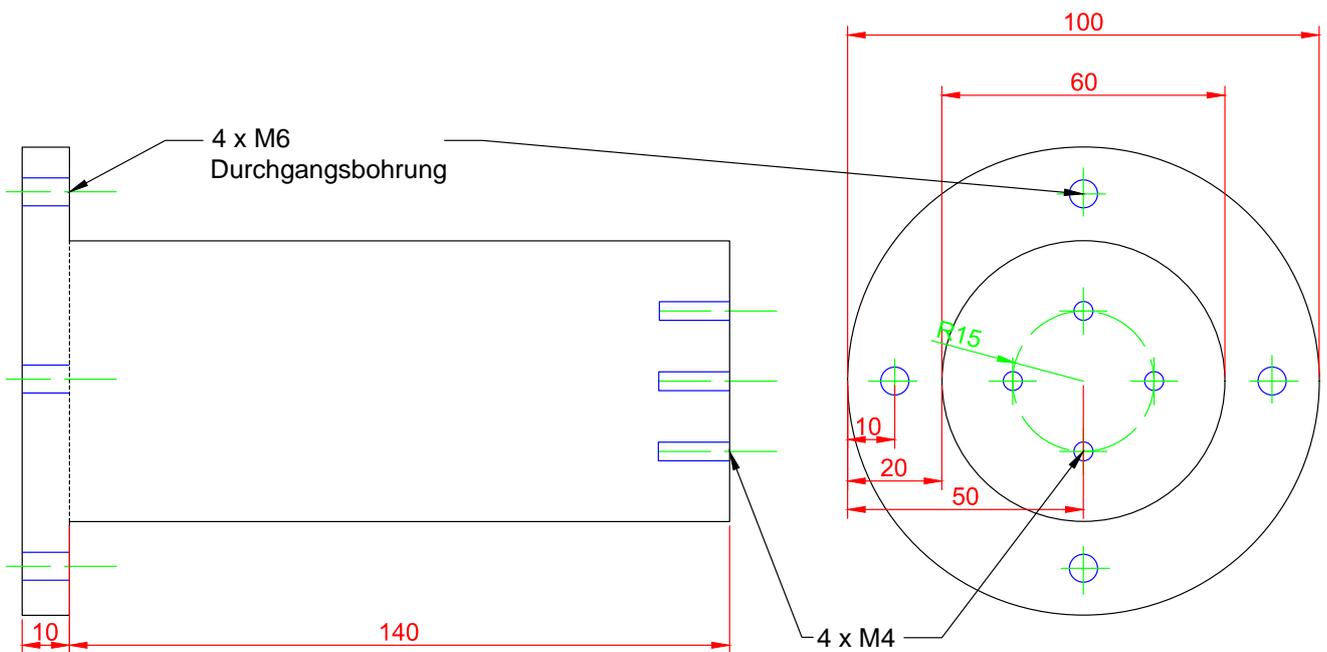
## Teil 5: Seitenansicht



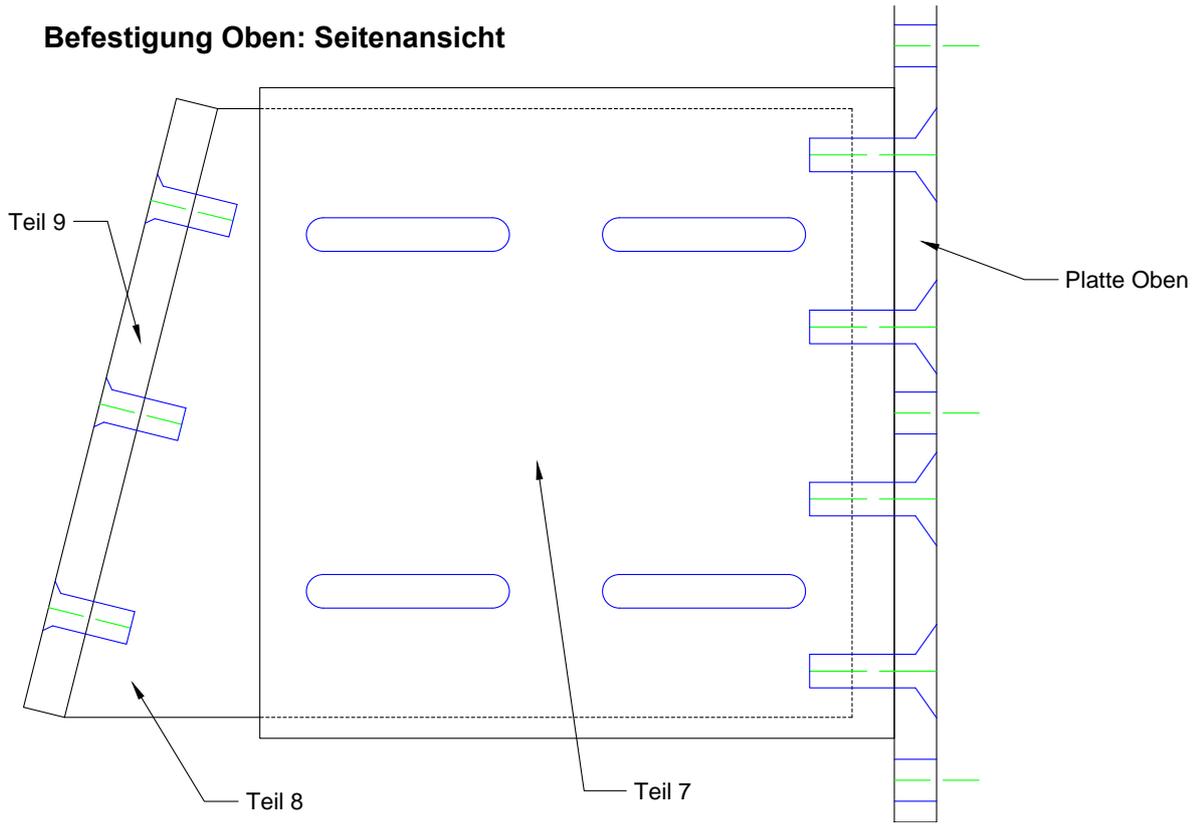
## Teil 6: Seitenansicht und Draufsicht



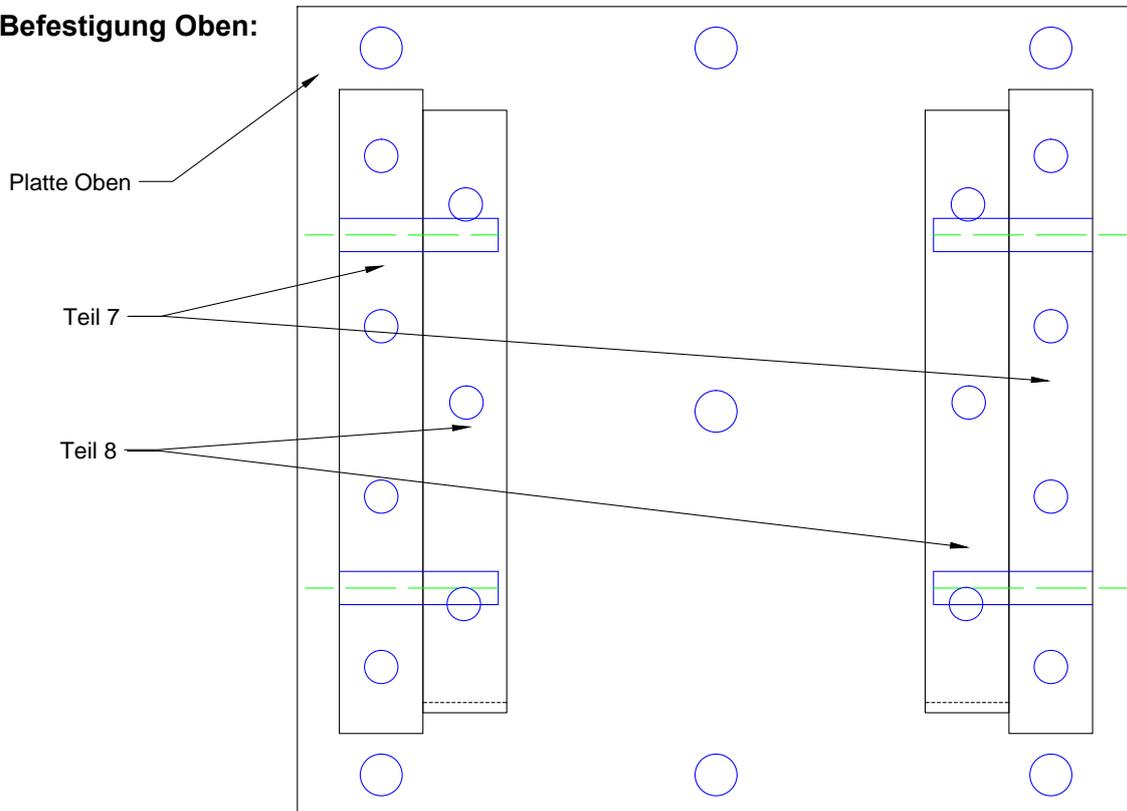
## Fuß



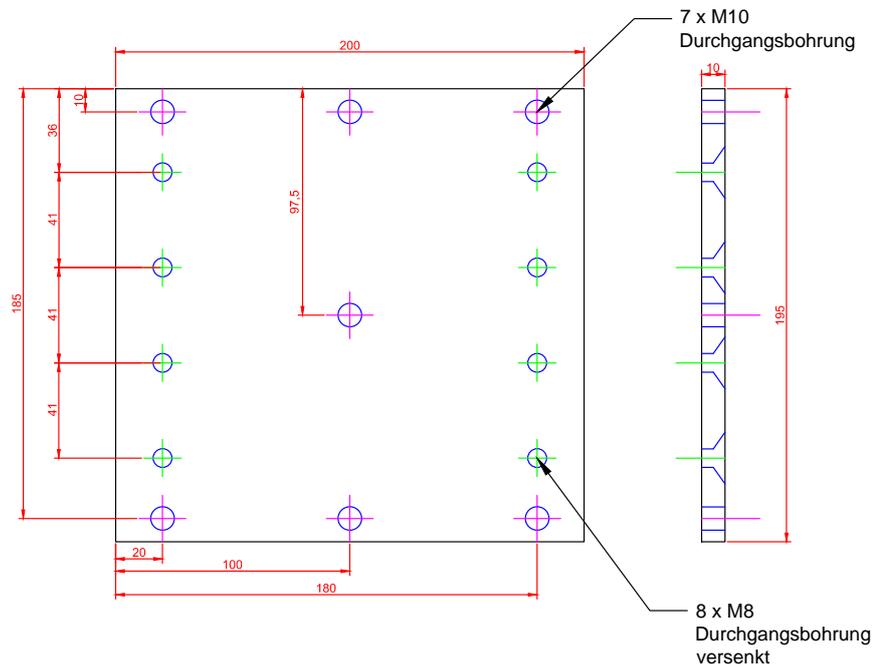
### Befestigung Oben: Seitenansicht



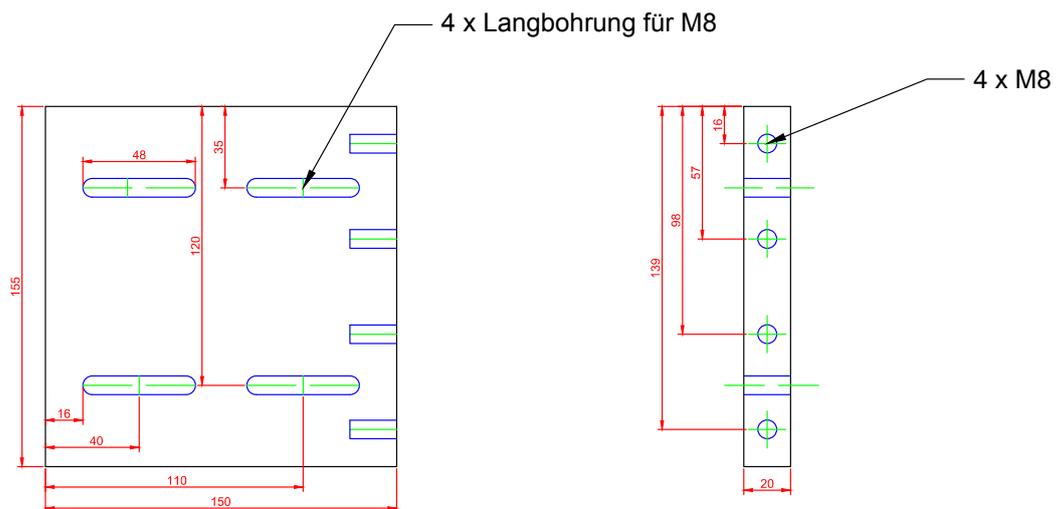
### Befestigung Oben:



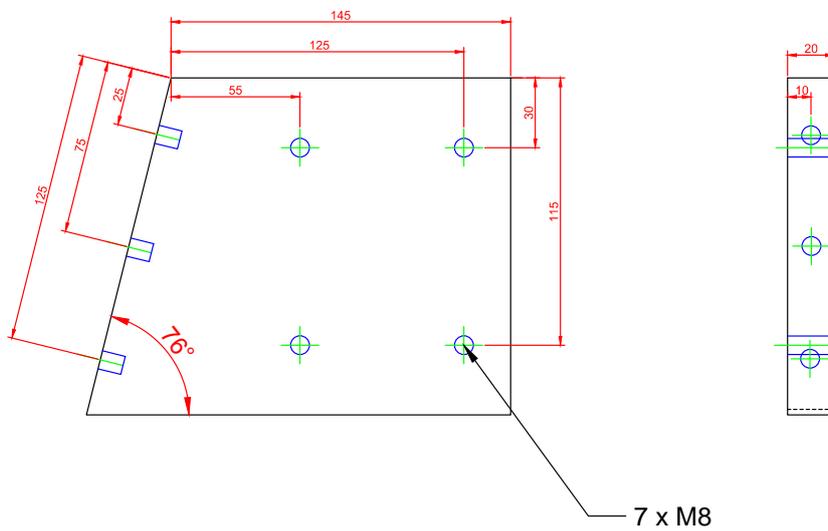
## Platte Oben: Draufsicht und Seitenansicht



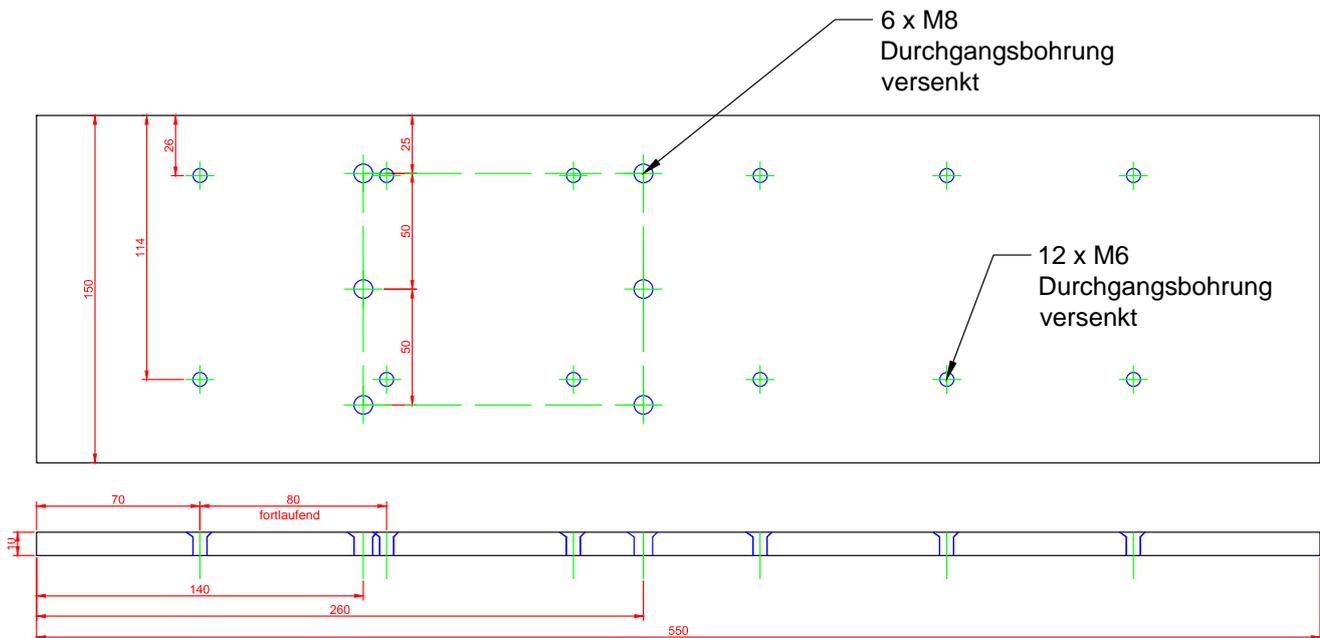
## Teil 7: Draufsicht und Seitenansicht



## Teil 8: Draufsicht und Seitenansicht



## Teil 9: Seitenansicht und Draufsicht



---

## Literaturverzeichnis

---

- [1] LTK Lineartechnik Korb GmbH, Deutschland-71332 Waiblingen
- [2] ASLANIDOU, Simela: *Persönliche Mitteilung*
- [3] HUMMEL, Klaus-Dieter: *Entwicklung, Aufbau und Inbetriebnahme eines Vieldrahtdriftkammer-Detektorsystems für das QCLAM-Spektrometer am Supraleitenden Darmstädter Elektronenbeschleuniger S-DALINAC*, Technische Universität Darmstadt, Diss., 1992
- [4] KÄMPF, Robert: *Das Trigger-Detektorsystem des neuen QCLAM Spektrometers am S-DALINAC und Entwicklung eines CAMAC-Moduls zur optischen Datenübertragung*, Technische Universität Darmstadt, Diplomarbeit, 1991
- [5] KNIRSCH, Martin: *Konzeption, Aufbau und Erprobung eines hochauflösenden QCLAM-Elektronenspektrometers mit großem Raumwinkel und hoher Impulsakzeptanz am Elektronenbeschleuniger S-DALINAC*, Technische Universität Darmstadt, Diss., 1991