

Physik

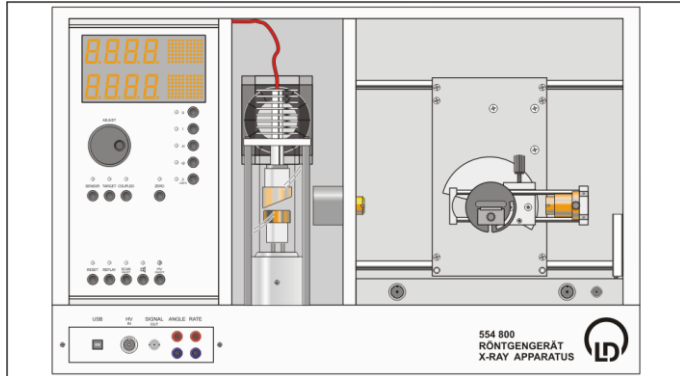
Chemie · Biologie

Technik



Lehr- und Didaktiksysteme
LD Didactic GmbH
Leyboldstraße 1 · 50354 Hürth

08/14-W03-Hund



Gebrauchsanweisung 554 800

Röntgengerät (554 800)

Röntgengerät Mo, komplett (554 801)

Strahlenschutz, Verwaltungsmaßnahmen

Vor einer Erstinbetriebnahme des Röntgengerätes ist unbedingt dafür Sorge zu tragen, dass die geplante Inbetriebnahme nach den länderspezifischen Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften bei den zuständigen Behörden genehmigt bzw. ordnungsgemäß angezeigt worden ist.

In der Bundesrepublik Deutschland unterliegt der Betrieb des Röntgengeräts der Röntgenverordnung (RöV).

Ein Einschalten der Röhren-Hochspannung und damit ein Erzeugen von Röntgenstrahlung ist nur möglich bei ordnungsgemäß geschlossenen Sicherheitskreisen. Zwei unabhängige Sicherheitskreise überwachen die Bleiglas-Schiebetüren. Auch die maximale Röhren-Hochspannung und der maximale Emissionsstrom sind in einen Sicherheitskreis eingebunden.

Die Ortsdosisleistung in 10 cm Abstand von der berührbaren Oberfläche liegt bei den maximalen und nicht überschreitbaren Betriebsbedingungen von $U = 37 \text{ kV}$ und $I = 1,2 \text{ mA}$ unter $1 \mu\text{Sv/h}$.

Das Röntgengerät erfüllt damit die Vorschriften über die Bauart einer Schulröntgeneinrichtung und eines Vollschutzgerätes und ist als Schulröntgengerät und Vollschutzgerät unter BfS 05/07 V/Sch RöV bauartzugelassen.

Beim Röntgengerät dürfen nur die beiden Bleiglas-Schiebetüren auf der Frontseite geöffnet werden. Werden Boden oder Seitenbleche geöffnet (durch Sicherheitsschrauben versiegelt), so erlischt die Bauartzulassung und das Röntgengerät darf nicht weiter betrieben werden. Ebenso erlischt die Zulassung, wenn am Röntgengerät Manipulationen, Reparaturen etc. vorgenommen werden, die nicht den Aufbau von Experimenten im Experimentierraum betreffen. Reparaturen dürfen ausschließlich vom Hersteller LD Didactic GmbH vorgenommen werden. Ausnahmen sind nur der Wechsel der Röntgenröhre und eventuelle Höhenjustierungen an Schrauben, die durch werksseitig vorgenommene Bohrungen im Bodenblech möglich sind.

Zum Betrieb der Röntgeneinrichtung in der Bundesrepublik Deutschland ist das beigegefügte Formular auszufüllen und immer auf dem aktuellen Stand zu halten.

Sicherheitshinweise

Im Röntgengerät kann ionisierende Strahlung mit einer Dosisleistung im Strahlkegel der Röntgenröhre von über 10 Sv/h erzeugt werden. Diese Dosisleistung kann bereits bei kurzen Expositionszeiten lebendes Gewebe schädigen. Durch die werksseitig eingebauten Schutz- und Abschirmmaßnahmen ist die Dosisleistung außerhalb des Röntgengerätes auf unter $1 \mu\text{Sv/h}$ reduziert, ein Wert, der in der Größenordnung der natürlichen Strahlenbelastung liegt. Wegen der hohen Dosisleistung im Inneren des Röntgengerätes unterliegt das Röntgengerät einer besonderen Sorgfaltspflicht des Betreibers.

Das Röntgengerät entspricht den Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte nach DIN EN 61010 Teil 1 und ist nach Schutzklasse I aufgebaut. Es ist für den Betrieb in trockenen Räumen (Höhe bis 2000 m über N.N.) vorgesehen, welche für elektrische Betriebsmittel oder Einrichtungen geeignet sind. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb des Röntgengerätes gewährleistet.

- Röntgengerät vor dem Zugriff Unbefugter schützen.
- Vor Erstinbetriebnahme überprüfen, ob der auf dem Leistungsschild (Gehäuse-Rückseite) aufgedruckte Wert für die Netzanschlussspannung mit dem ortsüblichen Wert übereinstimmt.
- Vor jeder Inbetriebnahme das Gehäuse sowie die Bedien- und Anzeigeelemente des Röntgengerätes, insbesondere die Bleiglas-Scheiben und -Schiebetüren sowie das Bleiglas-Rohr um die Röntgenröhre auf Unversehrtheit überprüfen.
- Vor jeder Inbetriebnahme sicherstellen, dass das Anodenkabel in den Kühlkörper der Röntgenröhre eingesteckt ist.
Sollte ein Fehler oder Mangel auftreten, so darf das Röntgengerät nicht weiter in Betrieb genommen werden. Das regionale Büro bzw. die Vertretung der LD Didactic GmbH ist zu benachrichtigen.

- Keine lebenden Tiere in das Röntgengerät bringen.

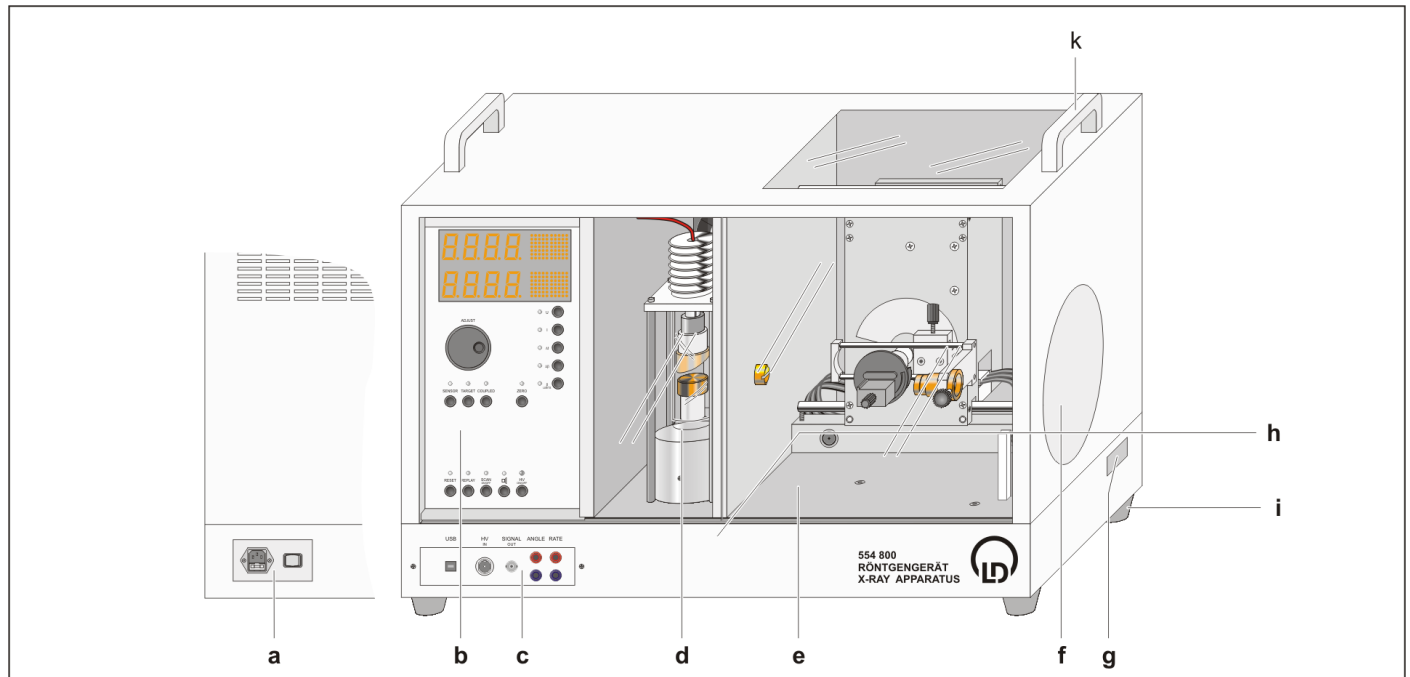
Eine Überhitzung der Anode in der Röntgenröhre ist zu vermeiden:

- Bei Inbetriebnahme des Röntgengerätes überprüfen, ob sich der Lüfter im Röhrenraum dreht.

Inhaltsverzeichnis

1 Übersicht	3	10 Sicherungswechsel	11
2 Beschreibung	3	11 Bedienung und Versuchsdurchführung	11
3 Lieferumfang	4	a) Inbetriebnahme des Röntgengerätes	11
a) Röntgengerät (554 800)	4	b) Messparameter wählen	11
b) Röntgengerät Mo, komplett (554 801)	4	c) Goniometerarme manuell positionieren	11
4 Technische Daten	4	d) Experimente mit dem Leuchtschirm	12
5 Hinweise zu Inbetriebnahme und Transport	5	e) Betriebsart „Belichtungsuhr“	12
6 Funktionstest der Sicherheitskreise	5	f) Betriebsart „automatischer Scan“	12
7 Komponenten	5	g) Betriebsart „manueller Scan“	12
a) Netzanschlussfeld	5	h) „Bragg-Reflexion“ am NaCl-Kristall	12
b) Bedienfeld	5		
c) Anschlussfeld	7		
d) Röhrenraum	7		
e) Experimentierraum	8		
f) Leuchtschirm	9		
g) Leerkanal	9		
h) Verriegelung	9		
i) Füße	9		
k) Transportgriffe	9		
8 Messdatenerfassung und -auswertung	10		
a) Ratenmessung	10		
b) Datenausgabe während eines Scans	10		
c) Datenausgabe nach einem Scan	10		
d) Datenerfassung mit dem Programm „Röntgengerät“	10		
e) Datenerfassung mit anderen Programmen	10		
9 Pflege und Wartung	11		
a) Aufbewahrung	11		
b) Reinigung	11		

1 Übersicht



- | | | | |
|---------------------|--|----------------|-------------------|
| a Netzanschlussfeld | d Röhrenraum
(mit Röntgenröhre) | f Leuchtschirm | i Füße |
| b Bedienfeld | e Experimentierraum
(hier mit Goniometer) | g Leerkanal | k Transportgriffe |
| c Anschlussfeld | | h Verriegelung | |

2 Beschreibung

Das Röntgengerät ist ein mikroprozessorgesteuertes Komplettgerät zur Durchführung einer Vielzahl von Experimenten aus der Physik und benachbarten Disziplinen. In den Grenzbereich zwischen Physik und Medizin gehören Experimente zur Durchleuchtung von Gegenständen und deren Beobachtung auf dem Leuchtschirm oder einem Röntgenfilm und Experimente zur Ionisation und Dosimetrie. In der Physik reichen die Experimente von der Atomphysik bis zur Festkörperphysik.

Am Röntgengerät können alle Parameter manuell eingestellt und in einer digitalen Anzeige abgelesen werden. Beide Arme des Zweikreis-Goniometers (im Lieferumfang von 554 801 enthalten) können einzeln oder in 2:1-Kopplung von Hand oder automatisch bewegt werden. Hierbei wird als „Sensor“ auf dem Sensorarm üblicherweise ein Geiger-Müller-Zählrohr und als „Target“ auf dem Targetarm ein Kristall, ein Streuer oder ein Absorber geschwenkt bzw. gedreht. Zusätzlich ist ein Ratemeter für Geiger-Müller-Zählrohre integriert. Daher kann das Röntgengerät wahlweise als „stand-alone“-Gerät, mit über den USB-Port angeschlossenem Computer oder mit angeschlossenem XY-Schreiber betrieben werden.

Im Einzelnen können die folgenden Experimente durchgeführt werden:

- Durchstrahlung und Röntgenphotographie
- Ionisation und Dosimetrie
- Material- und dickenabhängige Schwächung der Röntgenstrahlen
- Kontinuum und charakteristische Linien, Untersuchung der Röntgenquelle
- Feinstruktur und Schalenmodell des Atoms
- Energieabhängige Absorption und K-Kanten
- Moseley-Gesetz und Bestimmung der Rydbergfrequenz
- Compton-Effekt
- Duane-Hunt (h-Bestimmung aus der Grenzwellenlänge)
- Bragg-Reflexion zur Bestimmung der Netzebenenabstände an verschiedenen Kristallen
- Laue- und Debye-Scherrer-Aufnahmen für Kristallstrukturuntersuchungen
- Röntgendiffraktometrie an polykristallinen Metallfolien und Pulverproben, Textur
- Röntgenspektroskopie mit dem Röntgenenergiedetektor (559 938)

3 Lieferumfang

a) Röntgengerät (554 800)

- 1 Röntgengrundgerät
- 2 Qualitätsbescheinigungen für Röntgengerät /*/
- 2 Kopien Bauartzulassung /*/
- 1 Gebrauchsanweisung 554 800
- 1 CD-ROM „Röntgengerät“
- 1 USB-Kabel
- 1 Kollimator
- 1 Schutzplatte
- 1 Staubschutzhaube

b) Röntgengerät Mo, komplett (554 801)

- 1 Röntgengrundgerät
- 1 Röntgenröhre Mo (554 861)
- 1 Goniometer (554 831)
- 1 NaCl-Einkristall (554 78)
- 2 Qualitätsbescheinigungen für Röntgenröhre und -gerät /*/
- 2 Kopien Bauartzulassung /*/
- 1 Gebrauchsanweisung 554 800
- 1 Gebrauchsanweisung 554 861
- 1 Gebrauchsanweisung 554 831
- 1 CD-ROM „Röntgengerät“
- 1 USB-Kabel
- 1 Kollimator
- 1 Zirkon-Filter
- 1 Schutzplatte
- 1 Staubschutzhaube

/*/ in der Bundesrepublik Deutschland erforderlich zur Anzeige

4 Technische Daten

Schulröntgeneinrichtung und Vollschutzgerät
mit Bauartzulassung BfS 05/07 V/Sch RöV (erlaubt den Betrieb mit den Wechselröhren Fe, Cu, Mo, Ag, W, Au)

Dosisleistung in 10 cm Abstand: $< 1 \mu\text{Sv/h}$

Je zwei unabhängige und überwachte Sicherheitskreise für Türen, Hochspannung und Röhrenstrom (gemäß Anforderungen für Bauartprüfungen, PTB 2005)

Automatische Türverriegelung: Öffnen erst möglich, wenn keine Röntgenstrahlung mehr erzeugt wird (gemäß Anforderungen für Bauartprüfungen, PTB 2005)

Röhren-Hochspannung: 0,0 ... 35,0 kV
(geregelter Gleichstrom)

Röhrenstrom: 0 - 1,00 mA (unabhängig geregelter Gleichstrom)

Sichtbare Röntgenröhre mit Molybdän-Anode für kurzweilige charakteristische Strahlung:

$K_{\alpha} = 17,4 \text{ keV}$ (71,1 pm), $K_{\beta} = 19,6 \text{ keV}$ (63,1 pm)

Leuchtschirm für Durchstrahlungsexperimente:
 $d = 15 \text{ cm}$

Eingebautes Ratemeter:

maximale interne Zählrate: 65535 /s

maximal anzeigbare Zählrate: 9999 /s

Spannungsversorgung für GM-Zählrohr: 500 V fest

Torzeit für Ratemeter: 0,1 ... 9999 s

Lautsprecher: einschaltbar zur akustischen Verfolgung der Zählrate

Zwei 4-stellige Anzeigen (Höhe 25 mm) für Röhren-Hochspannung, Anodenstrom, Zählrate, Sensor- bzw. Targetwinkel, Scanbereich, Schrittweite, Torzeit

Goniometer (554 831) schrittmotorgesteuert

Betriebsarten: manuelle Einstellung und automatischer

Scan für Sensor alleine, Target alleine, 2:1-Kopplung

Winkelbereich: Target unbegrenzt (0° ... 360°), Sensor - 10° ... $+170^{\circ}$

Schrittweite: $0,1^{\circ}$

Belichtungsuhr, Torzeit: 0,5 s - 9999 s

Durchführungen in den Experimentierraum:

Hochspannungs-Koaxialkabel

BNC-Koaxialkabel

Leerkanal, z.B. für Schläuche, Kabel, etc.

Ausgänge:

Analogausgang ANGLE proportional zum Targetwinkel mit 5 V / max. Winkel für $\beta \geq 0^{\circ}$ (Genauigkeit: $\pm 3\%$)

Analogausgang RATE proportional zur Zählrate mit 5 V / 10000 s^{-1} für $\beta \geq 0^{\circ}$ (Genauigkeit: $\pm 3\%$)

USB-Port für Anschluss des PC zur Datenaufnahme und Steuerung des Experimentes

LabVIEW- und MATLAB-Treiber für Windows kostenlos unter <http://www.ld-didactic.com> für eigene Messungen und Steuerungen

Netzanschlussspannung:

siehe Leistungsschild auf der Gehäuse-Rückseite

Leistungsaufnahme: 120 VA

Sicherung: siehe Sicherungsschild auf der Gehäuse-Rückseite

Abmessungen: 67 cm \times 48 cm \times 35 cm

Masse: 41 kg

5 Hinweise zu Inbetriebnahme und Transport

Das Röntgengerät unterliegt einer besonderen Sorgfaltspflicht des Betreibers:

- Röntgengerät unmittelbar nach dem Auspacken auf Transportschäden kontrollieren und auf Vollständigkeit prüfen (siehe Abschnitt 3).

Sollten trotz der speziellen Transportverpackung Schäden am Röntgengerät festgestellt werden, so darf das Röntgengerät nicht in Betrieb genommen werden. Das regionale Büro bzw. die Vertretung der LD Didactic GmbH ist zu benachrichtigen.

Ein Transport des Röntgengerätes sollte nur in der originalen Transportverpackung und auf Palette erfolgen:

- Hierzu originale Transportverpackung zweckmäßigerweise aufheben.
- Kollimator ausbauen und einzeln verpackt beilegen.
- Ggf. Goniometer fest anschrauben.

6 Funktionstest der Sicherheitskreise

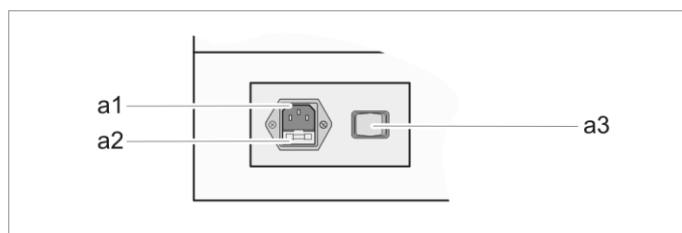
Gemäß der Anforderungen für Bauartprüfungen (PTB, 2005) muss das Röntgengerät bei jedem Einschalten der Hochspannung automatisch die Funktion der Sicherheitskreise überprüfen und darf erst dann die Hochspannung einschalten, wenn diese Prüfung erfolgreich durchgeführt worden ist.

Die Prüfung wird bei geschlossenen Türen automatisch nach Druck auf die Taster SCAN ON/OFF oder HV ON/OFF durchgeführt. Während der Prüfung erscheint „SAFE“ im Display und „OK“ signalisiert das erfolgreiche Ende der Prüfung.

Bei geöffneter Tür ist der Funktionstest und damit ein Einschalten der Hochspannung nicht möglich, die obere Anzeige blinkt.

7 Komponenten

a) Netzanschlussfeld:

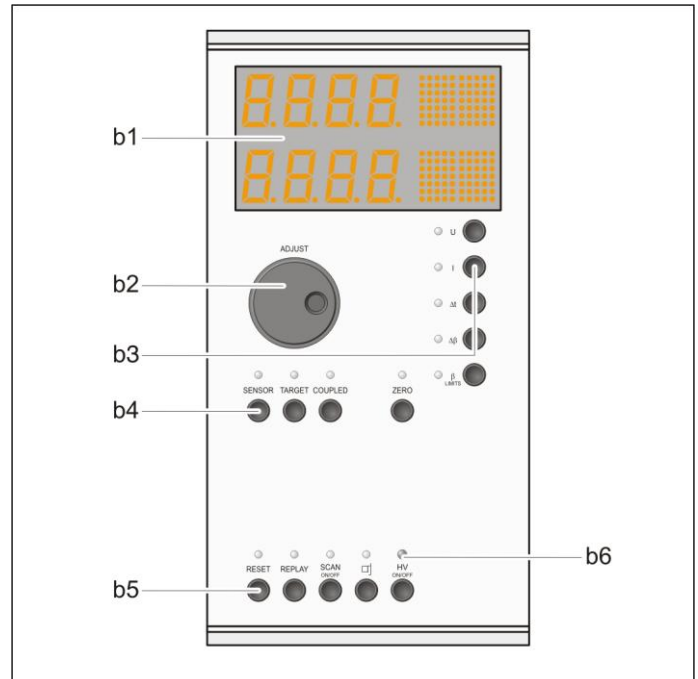


- a1 Netzanschlussbuchse
- a2 Sicherungshalter
- a3 Netzschalter

b) Bedienfeld:

Die Bedienung des Röntgengerätes erfolgt mit Hilfe mehrerer Taster zur Auswahl der Parameter und der Betriebsart, eines Dreheinstellers zur Einstellung des gewünschten Wertes für den ausgewählten Parameter und eines Anzeigefeldes, in dem der eingestellte Wert angezeigt wird. Jedem Taster ist eine LED zugeordnet, die die getroffene Wahl anzeigt.

Einige Taster können je nach Bedienungszustand des Röntgengerätes nicht betätigt werden. Insbesondere ohne Anschluss des Goniometers (554 831) haben einige Taster keine Funktion.



- b1 Anzeigefeld
- b2 Dreheinsteller
- b3 Taster zur Wahl der Parameter
- b4 Taster zur Wahl des Scan-Modus
- b5 Befehls-Taster
- b6 Hochspannungs-Kontrollleuchte

b1) Anzeigefeld:

oberes Anzeigefeld:

zeigt die aktuelle Zählrate an
(Ziffernhöhe: 25 mm, Maßeinheit: LED-Punktmatrix)

unteres Anzeigefeld:

zeigt die mit einem Taster gewählte Größe an
(Ziffernhöhe: 25 mm, Maßeinheit: LED-Punktmatrix)

Im Scan-Modus „Coupled“ wird im unteren Anzeigefeld die Winkelposition des Targets und im oberen Anzeigefeld bei wiederholtem Drücken des Tasters COUPLED abwechselnd die Zählrate und die Winkelposition des Sensors angezeigt.

b2) Dreheinsteller ADJUST:

ermöglicht die Einstellung der gewünschten Werte.

Der Inkrementalgeber kann vor- und rückwärts gedreht werden und hat ein dynamisches Verhalten, d.h. bei schnellem Drehen ist die Schrittweite größer als bei langsamem Drehen.

b3) Taster zur Wahl der Parameter:

Taster U:

aktiviert die Anzeige und Einstellung der Röhren-Hochspannung U.

Wertebereich: 0,0-35,0 kV
Schrittweite: 0,1 kV
Voreinstellung: 5,0 kV

Angezeigt wird der eingestellte Wert unabhängig davon, ob die Röhren-Hochspannung eingeschaltet ist oder nicht (siehe Taster SCAN ON/OFF und HV ON/OFF).

Taster I:

aktiviert die Anzeige und Einstellung des Emissionsstroms I .

Wertebereich: 0,00-1,00 mA
 Schrittweite: 0,01 mA
 Voreinstellung: 0,00 mA

Angezeigt wird der eingestellte Wert unabhängig davon, ob der Emissionsstrom fließt oder nicht.

Taster Δt :

aktiviert die Anzeige und Einstellung der Messzeit (pro Winkelschritt) Δt .

Wertebereich: 1-9999 s
 Schrittweite: 1 s
 Voreinstellung: 1 s

Taster $\Delta\beta$:


aktiviert bei eingebautem Goniometer (554 831) die Anzeige und Einstellung der Winkelschrittweite $\Delta\beta$ für die Betriebsart „automatischer Scan“.


Wertebereich: 0,0°-20,0°
 Schrittweite: 0,1°
 Voreinstellung: 0,1°


Mit der Einstellung $\Delta\beta = 0,0^\circ$ wird die Betriebsart „automatischer Scan“ deaktiviert und die Betriebsart „Belichtungsuhr“ aktiviert.

Taster β LIMITS:

aktiviert bei eingebautem Goniometer (554 831) die Anzeige und Einstellung der unteren bzw. oberen Winkelgrenze für die Betriebsart „automatischer Scan“. Wird die obere Grenze kleiner als die untere gewählt, kann eine Messung nicht gestartet werden. Die Anzeige blinkt solange, bis dieser Zustand geändert wird.

Nach dem ersten Drücken des Tasters erscheint im Anzeigefeld das Symbol . Die untere Winkelgrenze kann eingestellt werden.

Nach dem zweiten Drücken des Tasters erscheint im Anzeigefeld das Symbol . Die obere Winkelgrenze kann eingestellt werden.

Das Symbol  im Anzeigefeld weist auf die Einstellung $\Delta\beta = 0,0^\circ$ hin. Die Betriebsart „automatischer Scan“ ist deaktiviert.

b4) Taster zur Wahl des Scan-Modus:**Taster SENSOR:**

aktiviert bei eingebautem Goniometer (554 831) den Scan-Modus „Sensor“ in den Betriebsarten „automatischer Scan“ oder „manueller Scan“.

Die Winkelgrenzen des Sensorarms für den „automatischen Scan“ können festgelegt werden. Der Sensorarm kann manuell oder automatisch bewegt werden. Im unteren Anzeigefeld wird die Winkelposition des Sensors angezeigt.

Taster TARGET:

aktiviert bei eingebautem Goniometer (554 831) den Scan-Modus „Target“ in den Betriebsarten „automatischer Scan“ oder „manueller Scan“.

Die Winkelgrenzen des Targetarms für den „automatischen Scan“ können festgelegt werden. Der Targetarm kann manuell oder automatisch bewegt werden. Im unteren Anzeigefeld wird die Winkelposition des Targets angezeigt.

Taster COUPLED:

aktiviert bei eingebautem Goniometer (554 831) den Scan-Modus „Coupled“ in den Betriebsarten „automatischer Scan“ oder „manueller Scan“.

Die Winkelgrenzen des Targetarms für den „automatischen Scan“ können festgelegt werden. Sensor- und Targetarm können mit der Winkelkopplung 2:1 manuell oder automatisch bewegt werden. Bezugspunkt für die 2:1-Kopplung ist bei der manuellen Bewegung die Winkelposition von Target und Sensor vor Drücken der Taste COUPLED und bei der automatischen Bewegung die messtechnische Nullposition.

Im unteren Anzeigefeld wird die Winkelposition des Targets angezeigt. Im oberen Anzeigefeld erscheint bei wiederholtem Drücken des Tasters COUPLED abwechselnd die Zählrate und die Winkelposition des Sensors.

Taster ZERO:

bewegt bei eingebautem Goniometer (554 831) Target- und Sensorarm in die messtechnische Nullposition (siehe Gebrauchsanweisung zum Goniometer).

b5) Befehls-Taster:**Taster RESET:**

bewegt bei eingebautem Goniometer (554 831) Target- und Sensorarm in die messtechnische Nullposition und setzt alle Parameter auf die Werkseinstellungen zurück.

Die Röhren-Hochspannung wird abgeschaltet.

Taster REPLAY:

aktiviert das Auslesen des Messwertespeichers.

Die manuell mit dem Dreheinsteller ADJUST abgefragten Winkelpositionen und die zugehörigen über die Messzeit Δt gemittelten Zählraten werden im Anzeigefeld dargestellt und über den USB-Port ausgegeben. An den Ausgangsbuchsen ANGLE und RATE werden die korrespondierenden Spannungen ausgegeben.

Die Stellung der Goniometerarme bleibt bei eingebautem Goniometer (554 831) unverändert.

Die Messwerte können beliebig oft abgerufen werden, solange die Taster RESET oder SCAN nicht gedrückt werden und das Röntgengerät nicht ausgeschaltet wird.

Taster SCAN ON/OFF:

testet die Sicherheitskreise, schaltet bei funktionierenden Sicherheitskreisen die Röhren-Hochspannung ein und aktiviert den Start des Messprogramms (nur bei geschlossenen Türen möglich).

Der Taster kann bei $\Delta\beta > 0,0^\circ$ (Betriebsart: „automatischer Scan“) nur bei definiertem Goniometer (Taster SENSOR, TARGET oder COUPLED) oder bei $\Delta\beta = 0,0^\circ$ (Betriebsart: „Belichtungsuhr“) betätigt werden.

In der Betriebsart „automatischer Scan“ wird zuerst die messtechnische Nullposition und dann die untere Winkelgrenze angefahren. Danach wird die Röhren-Hochspannung eingeschaltet. Sobald die Röhren-Hochspannung anliegt und ein Emissionsstrom fließt, beginnt der Scan. Start- und Endpunkt sind die mit β LIMITS festgelegte untere bzw. obere Winkelgrenze.

In der Betriebsart „Belichtungsuhr“ wird die Röhren-Hochspannung eingeschaltet. Sobald die Röhren-Hochspannung anliegt und ein Emissionsstrom fließt, läuft die

Stoppuhr rückwärts zur Anzeige der verbleibenden Belichtungszeit.

Taster :

schaltet die akustische Impulsanzeige für den Sensor ein und aus.

Taster HV ON/OFF:

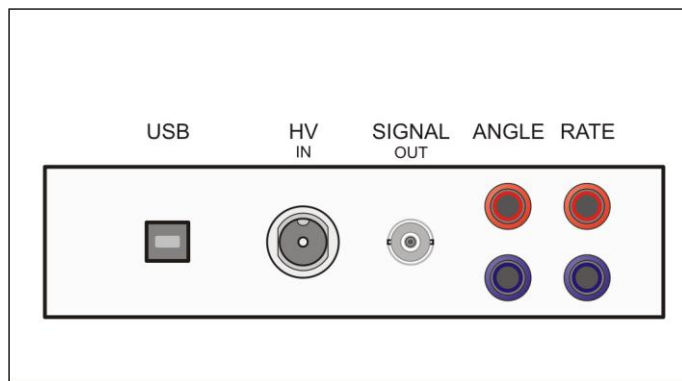
testet die Sicherheitskreise und schaltet bei funktionierenden Sicherheitskreisen die Röhren-Hochspannung ein (nur bei geschlossenen Türen möglich).

b6) Hochspannungs-Kontrollleuchte:

blinkt bei eingeschalteter Röhren-Hochspannung.

Die Röhren-Hochspannung kann mit den Tastern SCAN oder HV ON/OFF eingeschaltet werden.

c) Anschlussfeld:



Ausgang USB-Port:

Die Schnittstelle ist vom Röntgengerät galvanisch (optoelektronisch) getrennt. Der Anschluss an den Computer erfolgt über das beiliegende Kabel.

Eingang HV IN:

Hochspannungs-Eingang, verbunden mit dem Hochspannungs-Ausgang HV OUT in der Anschlussleiste des Experimentierraumes.

Der Hochspannungs-Eingang ermöglicht z.B. Experimente mit einem Geiger-Müller-Zählrohr, das an einem externen Zähler betrieben wird.

Ausgang SIGNAL OUT:

BNC-Ausgang, verbunden mit dem BNC-Eingang SIGNAL IN in der Anschlussleiste des Experimentierraumes.

Der BNC-Ausgang ermöglicht z.B. Experimente mit Sensoren mit BNC-Anschluss.

Ausgang ANGLE:

analoger Ausgang zum Anschluss eines XY-Schreibers.

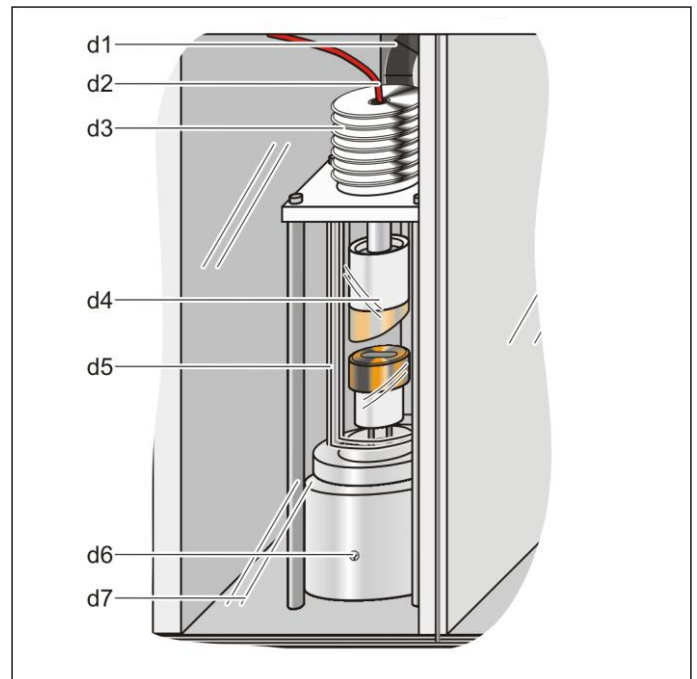
Nach Drücken der Taster SCAN oder REPLAY wird eine winkelproportionale Spannung von 5 V / max. Winkel für den Targetarm des Goniometers ausgegeben.

Ausgang RATE:

analoger Ausgang zum Anschluss eines XY-Schreibers.

Nach Drücken der Taster SCAN oder REPLAY wird eine zählratenproportionale Spannung von 0,5 V / 1000 /s ausgegeben.

d) Röhrenraum:



- d1 Lüfter
- d2 Hochspannungskabel
- d3 Kühlkörper
- d4 Röntgenröhre
- d5 Bleiglas-Rohr
- d6 Röhrenfassung mit Befestigungsschraube
- d7 Bleiglas-Schiebetür

Der Röhrenraum dient zur Aufnahme der Röntgenröhre und als Abschirmeinrichtung für die Röntgenröhre.

Durch die Bleiglas-Schiebetür vor dem Röhrenraum und das Bleiglas-Rohr um die Röntgenröhre ist die Röntgenröhre auch im Betrieb sichtbar. Daher kann z.B. die Veränderung der Kathodentemperatur bei Variation des Emissionsstromes beobachtet werden.

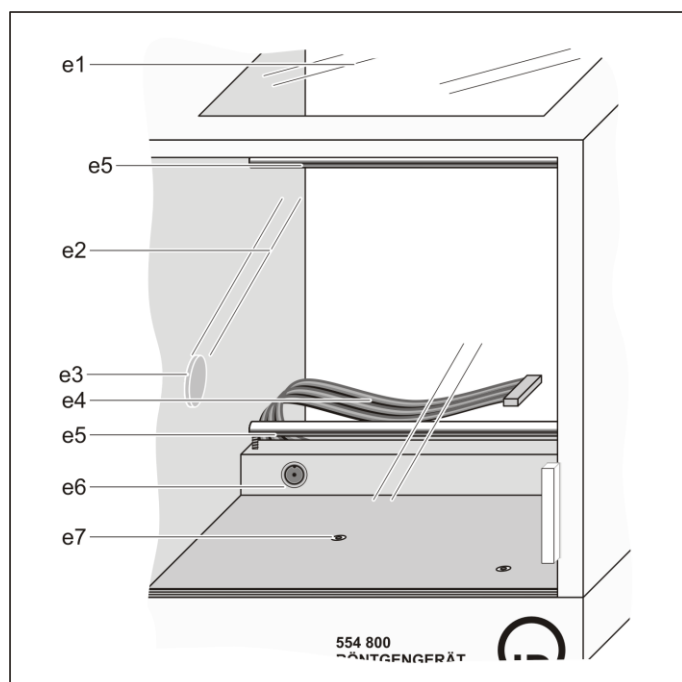
Ein- und Ausbau der Röntgenröhre:

Das Bleiglas-Rohr im Röhrenraum darf nicht entfernt werden. Seine Befestigungsschrauben sind deshalb vergossen.

- Befestigungsschrauben nicht lösen.

Die Röntgenröhren sind bereits justiert und können einfach gewechselt werden.

Siehe Gebrauchsanweisung zur Röntgenröhre Mo (554 861), Röntgenröhre Cu (554 862), Röntgenröhre Fe (554 863), Röntgenröhre W (554 864) bzw. Röntgenröhre Ag (554 865).

e) Experimentierraum:

- e1 Bleiglas-Fenster
- e2 Bleiglas-Schiebetür
- e3 Kollimatoraufnahme
- e4 Flachkabel, mit Pfostenstecker
- e5 Führungsschienen
- e6 Anschlussleiste
- e7 Haltebuchsen

Der Experimentierraum dient zur Aufnahme der Experimentiereinrichtungen, wie z.B. des Goniometers (554 831), des Filmhalters X-ray (554 838) oder des Plattenkondensator X-ray (554 840), die jeweils in den Haltebuchsen befestigt werden.

Durch die Bleiglas-Schiebetür vor und die Bleiglas-Scheibe über dem Experimentierraum können die Experimentiereinrichtungen auch während des Betriebs der Röntgenröhre aus unmittelbarer Nähe beobachtet werden.

Anschlussleiste:

Eingang GM TUBE / INTERNAL RATEMETER:

Koaxialbuchse zum Anschluss eines Fensterzählrohrs (559 01).

Ausgang HV OUT:

Hochspannungs-Ausgang, verbunden mit dem Hochspannungs-Eingang HV IN im Anschlussfeld.

Der Hochspannungs-Ausgang ermöglicht z.B. Experimente mit einem Geiger-Müller-Zählrohr, das an einem externen Zähler betrieben wird.

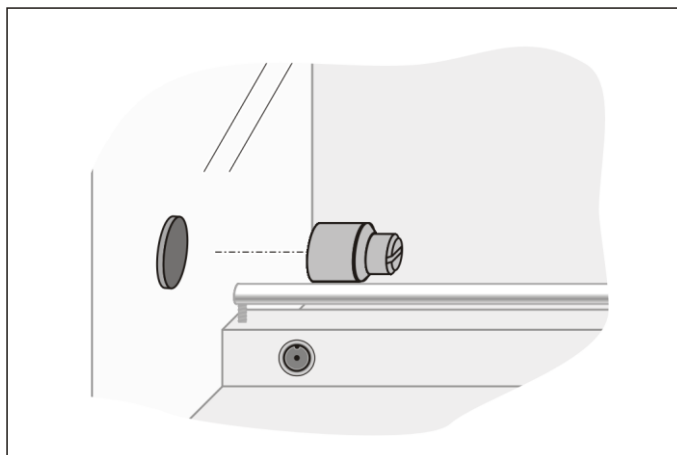
Eingang SIGNAL IN:

BNC-Eingang, verbunden mit dem BNC-Ausgang SIGNAL OUT im Anschlussfeld.

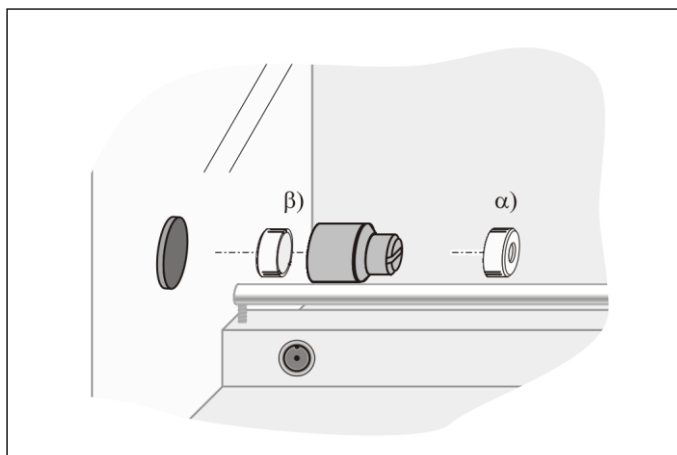
Der BNC-Eingang ermöglicht z.B. den Einsatz von Sensoren mit BNC-Anschluss.

Einbau des Goniometers:

siehe Gebrauchsanweisung zum Goniometer (554 831).

Einbau des Kollimators:

- Kollimator so drehen, dass die Federbuchsen des Kollimators senkrecht und der Spalt des Kollimators waagrecht steht.
- Kollimator einschieben, bis die Federbuchsen von den Stiften der Kollimatoraufnahme gehalten werden.

Einbau des Zirkonfilters:

α) normalerweise:

- Zirkonfilter auf den Kollimator aufstecken

β) bei Verwendung des Comptonzusatz X-ray (554 836):

- Kollimator ausbauen.
- Zirkonfilter auf das vordere Ende des Kollimators aufsetzen.
- Kollimator zusammen mit dem Zirkonfilter wieder einbauen. Der Kollimator kann jetzt nicht mehr ganz so weit eingeschoben werden.

f) Leuchtschirm:

Der Leuchtschirm ist eine mit fluoreszierendem Material belegte, zum Experimentierraum hin lichtdichte Bleiglasscheibe und dient als einfaches Nachweismittel der Röntgenstrahlung z.B. bei Durchleuchtungsexperimenten an Gegenständen mit unterschiedlichem Absorptionsvermögen. Die „direkte Beobachtung“ der auftreffenden Röntgenstrahlung wird durch Anregung von Leuchterscheinungen ermöglicht. Der Durchmesser ist so gewählt, dass der Leuchtschirm bei ausgebautem Kollimator vollständig ausgeleuchtet wird.

Zum Schutz der Fluoreszenzschicht vor Umgebungslicht muss die mitgelieferte Schutzplatte nach Abschluss der Experimente wieder aufgesetzt werden.

g) Leerkanal:

Der Leerkanal verbindet den Experimentierraum mit dem Gehäuseäußeren. Er ist strahlenschutztechnisch als Labyrinth ausgelegt, so dass der Experimentierraum auch bei geschlossenen Bleiglas-Schiebetüren und eingeschalteter Röntgenstrahlung von außen zugänglich ist.

Der rechteckige Querschnitt des Leerkanales (60 mm × 20 mm) lässt z.B. die Durchführung der Spannungsversorgung des Röntgenenergiedetektors (559 938) oder die Aufnahme eines Pumpschlauches zur Evakuierung einer Ionisationskammer zu.

h) Verriegelung:

schließt automatisch und öffnet erst, wenn keine Röntgenstrahlung mehr erzeugt werden kann.

i) Füße

Nach Auspacken aus der originalen Transportverpackung darf das Röntgengerät nur an den Füßen unterstützt aufgestellt werden.

k) Transportgriffe:

Außerhalb der originalen Transportverpackung darf das Röntgengerät zum Transport nur an den Transportgriffen getragen werden.

8 Messdatenerfassung und -auswertung

a) Ratenmessung:

Das Röntgengerät erzeugt intern eine Hochspannung für ein Geiger-Müller-Zählrohr, misst kontinuierlich dessen Impulszahlen und zeigt diese (unabhängig von der gewählten Messzeit Δt) nach jeder Sekunde als Zählrate (1/s) im oberen Anzeigefeld an. Falls kein Zählrohr angeschlossen ist, ist die Anzeige 0.

Nach Drücken des Tasters SCAN werden alle gemessenen Zählraten in einem Messwertespeicher abgelegt.

b) Datenausgabe während eines Scans:

Die Winkelposition des im Scan-Modus festgelegten Goniometerarms und die Zählrate werden im Anzeigefeld des Röntgengerätes dargestellt. Dabei wird die Winkelanzeige mit jeder neuen Winkelposition des Goniometerarms und die Zählrate nach jeder Sekunde aktualisiert.

Zur Aufzeichnung mit einem Schreiber stehen an den Ausgangsbuchsen ANGLE und RATE winkel- bzw. zählratenproportionale Spannungen zur Verfügung. Die Spannungen ändern sich jeweils nach Ablauf der gewählten Messzeit Δt pro Winkelschritt. Dabei entspricht die Spannung am Ausgang RATE dem Mittelwert der Zählrate über die Messzeit Δt .

c) Datenausgabe nach einem Scan:

Nach Beendigung eines Scans kann der Inhalt des gesamten Messwertespeichers mit dem Taster REPLAY abgerufen werden. Dazu werden mit dem Dreheinsteller ADJUST von Hand nacheinander die Winkelpositionen des im Scan-Modus festgelegten Goniometerarms angefahren.

Im Anzeigefeld erscheint die Winkelposition und die über die Messzeit Δt pro Winkelschritt gemittelte Zählrate. Über die Ausgangsbuchsen ANGLE und RATE werden proportionale Spannungen ausgegeben.

d) Datenerfassung mit dem Programm „Röntgengerät“:

Der Datenstrom über den USB-Port kann mit dem im Lieferumfang des Röntgengerätes enthaltenen Programm „Röntgengerät“ erfasst, dargestellt und ausgewertet werden. Die Installation des Programms setzt einen ordnungsgemäß konfigurierten Computer mit den Betriebssystemen Windows 98/2000/XP/Vista voraus. Das Programm enthält eine ausführliche Hilfe zu allen seinen Funktionen, sowie zahlreiche Tipps und Experimentierhinweise. Diese Hilfe kann nach dem Start des Programms mit F1 aufgerufen und auch ausgedruckt werden.

Die Installation erfolgt durch das Programm „setup.exe“ auf der mitgelieferten CD-ROM nach Auswahl der gewünschten Sprache und des Installationsverzeichnis. Nach der Installation befindet sich das Programm „Röntgengerät“ im Startmenü unter "Programme" → "Röntgengerät". Es kann später in der „Systemsteuerung“ unter "Software" wieder deinstalliert werden. Eventuelle Updates (Erweiterungen, Fehlerkorrekturen) sind kostenlos auf unserem Internet-Server „<http://www.ld-didactic.com>“ erhältlich.

Wenn die Fehlermeldung „Röntgengerät nicht gefunden“ erscheint, sind folgende Ursachen möglich:

- Das Röntgengerät ist ausgeschaltet.
- Das Kabel zwischen Röntgengerät und Computer ist nicht ordnungsgemäß angeschlossen.
- Der Taster REPLAY ist gedrückt.

e) Datenerfassung mit anderen Programmen:

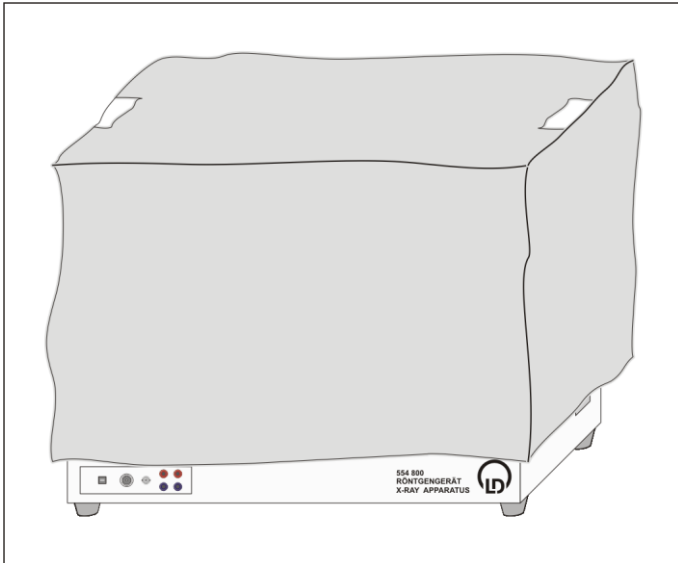
Alle gängigen Programmiersprachen können über die XRayAPI.DLL (Windows) oder libxrayapi.so (Linux) auf das Röntgengerät zugreifen. Dazu muss die XRayAPI.DLL oder libxrayapi.so eingebunden und aufgerufen werden. Die erforderlichen Deklarationen für C/C++ sind in XRayAPI.H enthalten. Alle drei Dateien sind Bestandteil unserer kostenlosen Developer Information aus dem Internet (<http://www.ld-didactic.com>).

Unser LabVIEW-Treiber für das Röntgengerät ist ebenfalls kostenlos im Internet erhältlich. Zusätzlich zu den VIs (Virtual Instruments) zur Ansteuerung des Röntgengeräts enthält der Treiber auch Anwendungsbeispiele.

LabVIEW ist eine eingetragene Marke der Firma National Instruments.

9 Pflege und Wartung

a) Aufbewahrung:

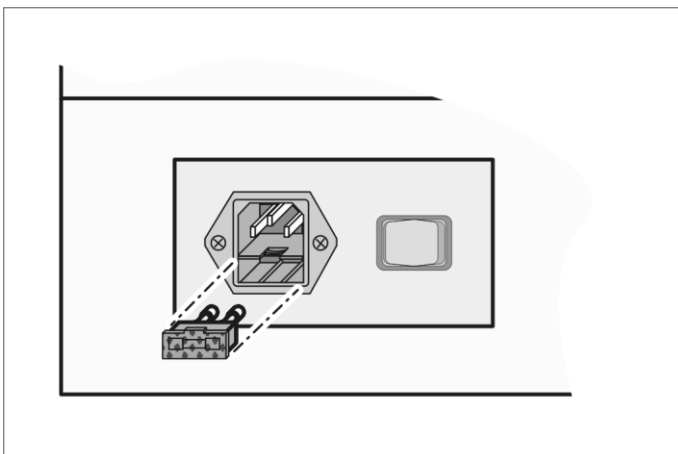


- Zum Schutz der Fluoreszenzschicht des Leuchtschirms vor Umgebungslicht Schutzplatte aufstecken.
- Zur längeren Aufbewahrung Röntgengerät mit der mitgelieferten Staubschutzhaube abdecken.

b) Reinigung:

- Alle Glasflächen des Röntgengerätes nur mit einem milden Glasreiniger reinigen (Bleiglas ist sehr weich und kratzempfindlich.)
- Lackierte Oberflächen des Röntgengerätes nicht mit aggressiven Reinigungsmitteln reinigen.

10 Sicherungswechsel



- Sicherungshalter heraushebeln.
- Reservesicherung auf richtigen Wert überprüfen (siehe Technische Daten) und defekte Sicherung durch Reservesicherung ersetzen.
- Sicherungshalter wieder einschieben.

11 Bedienung und Versuchsdurchführung

a) Inbetriebnahme des Röntgengerätes:

- Netzanschluss herstellen und Röntgengerät einschalten.
- Taster U drücken.
- Mit Dreheinsteller ADJUST z.B. $U = 20 \text{ kV}$ einstellen. Im Anzeigefeld wird der Sollwert angezeigt.
- Taster I drücken.
- Mit Dreheinsteller ADJUST z.B. $I = 1,00 \text{ mA}$ einstellen. Im Anzeigefeld wird der Sollwert angezeigt.
- Kontrollieren, ob die Bleiglas-Schiebetüren ordnungsgemäß verschlossen sind, und Taster HV ON/OFF drücken. Die Hochspannungs-Kontrollleuchte blinkt und die Glühkathode der Röntgenröhre leuchtet. Es wird Röntgenstrahlung erzeugt.
- Taster I drücken und mit Dreheinsteller ADJUST den Emissionsstrom I variieren. Die Helligkeit der Glühkathode ändert sich.

b) Messparameter wählen:

- Taster U, I, Δt , $\Delta \beta$ oder β LIMITS drücken.
- Mit Dreheinsteller ADJUST gewünschten Wert einstellen. Im Anzeigefeld wird der Sollwert angezeigt.
- Beliebigen Taster drücken. Die Parameterwahl ist abgeschlossen.

c) Goniometerarme manuell positionieren:

Das Goniometer wird ausschließlich über elektrische Schrittmotoren verstellt:

- Targetarm und Sensorarm des Goniometers nicht blockieren und nicht mit Gewalt verstellen.

entweder:

- Taster SENSOR bzw. TARGET drücken.
- Mit dem Dreheinsteller ADJUST gewünschten Winkel einstellen.

Im Anzeigefeld wird der Sollwert dargestellt, der Sensor- bzw. Targetarm bewegt sich zur gewünschten Winkelposition.

oder:

- Taster COUPLED drücken.
- Mit dem Dreheinsteller ADJUST gewünschten Targetwinkel einstellen.

Im Anzeigefeld wird der Sollwert dargestellt, der Targetarm bewegt sich zur gewünschten Winkelposition, der Sensorarm bewegt sich gleichzeitig mit der doppelten Winkelschrittweite weiter.

Hinweis: Es gilt nur dann „Sensorwinkel = $2 \times$ Targetwinkel“, wenn zuvor mit dem Taster ZERO die messtechnische Nullposition angefahren wurde oder in der Betriebsart "automatischer Scan".

d) Experimente mit dem Leuchtschirm:

Experimente mit dem Leuchtschirm eröffnen einen ersten Zugang zur geradlinigen Ausbreitung der Röntgenstrahlung. Zusätzlich kann der Einfluss der Parameter „Emissionsstrom“ und „Röhren-Hochspannung“ auf Helligkeit und Kontrast des Schirmbildes beobachtet werden.

- Experimente im abgedunkelten Raum durchführen.
- Schutzplatte vom Leuchtschirm entfernen und Kollimator ausbauen.
- Zu durchleuchtenden Gegenstand zur Erzeugung eines scharfen Bildes dicht vor den Leuchtschirm, zur Erzeugung eines vergrößerten Bildes vom Leuchtschirm entfernt in den Strahlengang bringen.
- Bleiglas-Schiebetüren des Röntgengerätes schließen.
- gewünschte Werte für die Messparameter I und U einstellen und Röhren-Hochspannung mit Taster HV ON/OFF einschalten.
- Messparameter I und U variieren.
- Nach Abschluss der Experimente Schutzplatte aufsetzen.

e) Betriebsart „Belichtungsuhr“:

In der Betriebsart „Belichtungsuhr“ kann z.B. die Belichtungszeit für Filmaufnahmen oder die Messzeit für Messungen einzelner Zählraten festgelegt werden.

- Gewünschtes Zubehör (z.B. Goniometer und Sensor oder Filmhalter X-ray) einbauen.
- Ggf. Sensor- oder Targetarm des Goniometers mit dem Dreheinsteller ADJUST von Hand in die gewünschte Position fahren.
- Messparameter I und U wählen.
- Winkelschrittweite $\Delta\beta = 0.0^\circ$ einstellen.
- Gewünschte Messzeit Δt einstellen.
- Messung mit Taster SCAN starten.
Im Anzeigefeld wird die verbleibende Messzeit auf Null heruntergezählt. Target- und Sensorarm bleiben in der gewählten Stellung.
- Nach Ablauf der Messzeit Taster REPLAY drücken.
Im Anzeigefeld erscheint die über die Messzeit Δt gemittelte Zählrate.

f) Betriebsart „automatischer Scan“:

In der Betriebsart „automatischer Scan“ erfolgt die Bewegung der Goniometerarme automatisch nach Drücken des Tasters SCAN. Dabei können die Scan-Modi „Target“, „Sensor“ oder „Coupled“ gewählt werden.

Während eines Scandurchlaufes werden in der Anzeige die aktuelle Zählrate und die Targetposition bzw. im Scan-Modus „Coupled“ wahlweise die Sensor- und die Targetposition angezeigt. (siehe Taster COUPLED). Außerdem werden alle Messwerte (Winkel und Zählraten) im Röntgengerät gespeichert.

- Zur Wahl des Scan-Modus Taster TARGET, SENSOR oder COUPLED drücken.
- Taster β -LIMITS drücken und mit Dreheinsteller ADJUST untere Scangrenze einstellen.
- Taster β -LIMITS erneut drücken und mit Dreheinsteller ADJUST obere Scangrenze einstellen.
Messparameter I und U wählen.
- Winkelschrittweite $\Delta\beta$ wählen.

- Gewünschte Messzeit pro Winkelschritt Δt einstellen.
- Ggf. Computer über den USB-Port anschließen und Programm Röntgengerät starten.
- „Automatischen Scan“ mit Taster SCAN starten.
- Ggf. Taster REPLAY drücken und mit dem Dreheinsteller ADJUST die gespeicherten Messdaten für jeden Winkelschritt abfragen.

g) Betriebsart „manueller Scan“:

In der Betriebsart „manueller Scan“ erfolgt die Bewegung der Goniometerarme von Hand mit dem Dreheinsteller ADJUST. Dabei können die Scan-Modi „Target“, „Sensor“ oder „Coupled“ gewählt werden.

- Zur Wahl des Scan-Modus Taster TARGET, SENSOR oder COUPLED drücken.
- Messparameter I und U wählen.
- Messzeit pro Winkelschritt $\Delta t = 1\text{ s}$ einstellen.
- Ggf. Computer über den USB-Port anschließen und Programm Röntgengerät starten.
- Goniometerarm mit dem Dreheinsteller ADJUST von Hand in die gewünschte Winkelposition fahren.
- Etwa 2 s warten, bis im Anzeigefeld die Zählrate für die neue Winkelposition erscheint, und Zählrate notieren.

Hinweis: Bei geringeren Zählraten, die z.B. in höheren Beugungsordnungen der Bragg-Reflexion auftreten, kann zur genaueren Bestimmung der Zählrate im Prinzip für jede Winkelposition eine Belichtungsuhr aktiviert werden. Dann muss für jede Winkelposition nach Ablauf der Messzeit zur Anzeige der Zählrate der Taster REPLAY gedrückt werden. Dieses Verfahren ist allerdings zeitraubend.

h) „Bragg-Reflexion“ am NaCl-Kristall:

- Kollimator einbauen.
- Goniometer (554 831) komplett einbauen.
- Fensterzählrohr (559 01) als Sensor einbauen.
- NaCl-Kristall für Bragg-Reflexion (554 78) als Target einbauen.
- Ggf. messtechnische Nullposition einstellen.
- Messparameter U , I , Δt und $\Delta\beta$ wählen:
(z.B.: $U = 35,0\text{ kV}$, $I = 1,0\text{ mA}$, $\Delta t = 10\text{ s}$ und $\Delta\beta = 0,1^\circ$).
- Taster COUPLED drücken.
- untere und obere Grenze des Targetwinkels auf gewünschte Werte einstellen: (z.B.: $2,5^\circ$ und 30°)
- Über den USB-Port Computer mit installiertem Programm „Röntgengerät“ anschließen und Programm starten.
- Taster SCAN drücken zum Start der Aufzeichnung.

Checkliste „Anmeldung eines Röntgengerätes“

Die Röntgengeräte 554800/554801 besitzen eine Bauartzulassung BfS 05/07.

Die ordnungsgemäße Anzeige muss mindestens vier Wochen vor der Inbetriebnahme erfolgen (§ 19 (1) 2., StrlSchG).

Entsprechende Formulare finden sich im Internetauftritt der jeweiligen Aufsichtsbehörde (Gewerbeaufsichtsamt, Bezirksregierung, Regierungspräsidium,...).

Das Röntgengerät wird wahlweise betrieben als

- Vollschutzgerät (unterwiesene Benutzer, kein fachkundiger SSB nötig)
- Schulröntgeneinrichtung („in Zusammenhang mit dem Unterricht in Schulen“, fachkundiger SSB notwendig)

Demensprechend sind bei der Anmeldung die Unterlagen nach §19 (4) beizufügen: Eine Kopie der Bauartzulassung BfS 05/07 und die Prüfbescheinigung des jeweiligen Gerätes und der Röhre(n). Diese befinden sich im Lieferumfang.

Für Schulröntgengeräte zusätzlich Nachweise zur Fachkunde der bestellten Strahlenschutzbeauftragten.

Den Betrieb des Röntgengeräts regeln im Wesentlichen StrlSchG und StrlSchV sowie Vorgaben der Kultusministerien.

Einige wichtige Anforderungen aus StrlSchG und StrlSchV sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit im Folgenden aufgelistet. Möglicherweise verschärfen länderspezifische Regelungen diese weiter.

- Um die mögliche Strahlenexposition so gering wie möglich zu halten (§8 StrlSchG), ist den Sicherheitshinweisen der Gebrauchsanweisung unbedingt Folge zu leisten.
- Schüler und Auszubildende dürfen entsprechend §82 StrlSchV an diesem Röntgengerät unter Aufsicht einer Lehrkraft unmittelbar mitwirken.
- Die Röntgeneinrichtung ist spätestens alle 5 Jahre von einem Sachverständigen überprüfen zu lassen (§88 (4). StrlSchV).
- Die Kopie der Bauartzulassung, die Prüfbescheinigung sowie die Betriebsanleitung sind als Dokumente aufzubewahren (§25 StrlSchV).
- Die Gebrauchsanweisung, die Qualitätsbescheinigung bzw. der letzte Prüfbericht des Sachverständigen sowie zweckmäßigerweise ein Abdruck der Strahlenschutzverordnung sind beim Röntgengerät bereitzuhalten.
- Entspricht das Röntgengerät in für den Strahlenschutz wesentlichen Merkmalen nicht mehr der Bauartzulassung, so ist der Betrieb des Röntgengerätes unverzüglich einzustellen (§25 (2)).
- Im Falle von auftretenden Mängeln ist der Betrieb des Röntgengerätes unverzüglich einzustellen und der Hersteller LD Didactic GmbH zu benachrichtigen.
- Das normale Auslaufen einer Bauartzulassung (BfS 05/07: 2027) ist entsprechend §48 StrlSchG kein Hinderungsgrund für einen Weiterbetrieb über dieses Datum hinaus.
- Sollte die zuständige Behörde dagegen nach §25 (3) StrlSchV im Bundesanzeiger die Rücknahme oder den Widerruf der Bauartzulassung erklären oder eine Erklärung veröffentlichen, dass das Gerät nicht weiterbetrieben werden darf, so ist das Röntgengerät unverzüglich stillzulegen.