

Sicherheitsvorschriften im Physikunterricht

S. Lübeck

Staatliches Seminar für Lehrerbildung Esslingen am Neckar

- Überblick
- Bemerkungen zum Begriff „Aufsicht“
- Gefährdungen durch elektrische Energien
- Gefährdungen durch optische Strahlungen
- Gefährdungen durch ionisierende Strahlungen
- Gefährdungen durch thermische Einwirkungen
- Gefährdungen durch Lärmeinwirkungen
- Gefährdungen durch mechanische Einwirkungen

Die hier aufgeführten Angaben werden in der Referendarsausbildung verwendet und geben nur einen Überblick über die relevanten Vorschriften.

Da die relevanten Vorschriften unüberschaubar geworden sind, kann keine Haftung für die Richtigkeit und Vollständigkeit der aufgeführten Angaben übernommen werden.

Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: Grundlegende juristische Begriffe

Juristisch muss zwischen einer Gefahr und einer Gefährdung unterschieden werden.
Lesenswert ist ein Urteil des Bundesarbeitsgerichts (BAG-9 AZR 1117/06):

- Gefahr:
Gefahr ist eine Sachlage, die bei ungehindertem Ablauf zu einem Schaden führt.
Dem Schadenseintritt muss eine hinreichende Wahrscheinlichkeit zugrunde liegen.
Im Arbeitsschutz genügt ein geringes Maß an Wahrscheinlichkeit, da es um Leben und Gesundheit der Arbeitnehmer geht.
- Gefährdung:
Der Begriff der Gefährdung bezeichnet im Unterschied zur Gefahr die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung ohne bestimmte Anforderungen an ihr Ausmaß oder ihre Eintrittswahrscheinlichkeit.

Beachte: Lehrkräfte müssen Gefährdungsbeurteilungen erstellen, nicht Gefahrenbeurteilungen.

Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: Arbeitsschutzgesetz

Gesetzliche Grundlage zahlreicher Vorschriften ist das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG).

- ArbSchG dient dazu, die Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten bei der Arbeit durch **Maßnahmen des Arbeitsschutzes** zu sichern bzw. zu verbessern.
- **Jeder Arbeitgeber** ist verpflichtet die **Maßnahmen zum Arbeitsschutz** unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen.
- Die **Maßnahmen zum Arbeitsschutz** sind so zu gestalten, dass Gefährdungen möglichst vermieden und verbleibende Gefährdungen möglichst gering gehalten wird.

Frage: Welche **Maßnahmen zum Arbeitsschutz** soll ein Arbeitgeber bzw. welche Schutzmaßnahmen im Unterricht soll ein Lehrer ergreifen?

Antwort nach §5 ArbSchG: Jeder Lehrer ermittelt selbst durch eine Beurteilung der mit seiner Arbeit verbundenen Gefährdungen, welche **Maßnahmen des Arbeitsschutzes** erforderlich sind.

Beachte: Damit basiert der gesamte Arbeitsschutz auf den Gefährdungsbeurteilungen.

Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: Gefährdungsbeurteilungen

In Übereinstimmung mit §5 (1) ArbSchG fordert die RiSU 2013 (Seite 14):

- Der Arbeitgeber (vertreten durch Schulleiter) ist verantwortlich, dass
 - Gefährdungsbeurteilungen ... für **alle Gefährdungen** durchgeführt und dokumentiert werden,
 - Betriebsanweisungen erstellt werden,
 - Schüler und Lehrkräfte unterwiesen und belehrt werden.
- Für Tätigkeiten bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des eigenen Unterrichts, einschließlich der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung ist die Lehrkraft verantwortlich.

Beachte: Häufig ist die vorsätzliche oder fahrlässige Unterlassung der Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung eine Ordnungswidrigkeit.

Z. B.: „Ordnungswidrig handelt ... wer ... eine Gefährdungsbeurteilung nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig dokumentiert.“ [OStrV §11 (1)]

Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: BA und GBU

Unterscheidung von Betriebsanweisungen (BA) und Gefährdungsbeurteilungen (GBU):

Betriebsanweisungen

- müssen vom Arbeitgeber erstellt werden (Schulleiter beauftragt Sammlungsleiter)
- BA sind
 - arbeitsbereichbezogene
 - tätigkeitsbezogene
 - gerätebezogeneschriftl. Anordnungen des Arbeitgebers
- BA weisen auf alle Gefährdungen hin
- BA enthalten Anweisungen zum
 - Umgang mit Arbeitsmittel (insb. Gefahrenstoffe, Geräte, Maschinen, Werkzeuge)
 - erforderlichen Schutzmaßnahmen
 - Verhalten im Gefahrenfall, Erste Hilfe
 - ggf. zur sachgerechten Entsorgung
- BA müssen öffentlich aushängen

Gefährdungsbeurteilungen

- müssen von jeder Lehrkraft selbst vorgenommen werden (insb. für Experimente mit Gefährdungen)
- in GBU
 - werden alle Gefährdungen aufgeführt (elektrische, thermische, mechanische Gefährdungen, durch elektromagnetische bzw. ionisierende Strahlungen, durch Lärm, Gefahrstoffe, Tätigkeiten mit Maschinen, Geräten)
 - werden Maßnahmen zur Minimierung der Gefährdungen beschrieben
- GBU müssen dokumentiert werden

Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: Betriebsanweisungen

Typischerweise werden an der Schule die Sammlungsleiter von der Schulleitung beauftragt die Betriebsanweisungen zu erstellen. Diese müssen öffentlich aushängen.



Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: Überblick

Im Physikunterricht treten unterschiedliche Gefährdungen auf:

- Gefährdungen durch elektrische Energie.
(insb. „Stromschlag“ bei Berührung)
RiSU 2013, RiSU 2003 (GUV-SI 8070), BG/GUV SI-8040, ...
- Gefährdungen durch künstliche optische Strahlungen.
(insb. Laserstrahlen, UV-Licht)
RiSU 2013, RiSU 2003 (GUV-SI 8070), OStrV, BGV/GUV-V B2...
- Gefährdungen durch thermische Einwirkungen.
(insb. heißes Wasser, Wasserdampf, Kartuschenbrenner, Tauchsieder)
RiSU 2013, RiSU 2003 (GUV-SI 8070), ...
- Gefährdungen durch Lärmeinwirkung.
(insb. Hörschäden)
RiSU 2013, RiSU 2003 (GUV-SI 8070), LärmVibrationsArbSchV, ...
- Gefährdungen durch mechanische Einwirkungen.
(insb. Unterdruck und Vakuum, wegfliegende Körper, Stabilität beim Aufbau)
RiSU 2013, RiSU 2003 (GUV-SI 8070), ...
- Gefährdungen durch ionisierende Strahlungen.
(insb. radioaktive Präparate, Röntgenröhren, Störstrahler)
RiSU 2013, RiSU 2003 (GUV-SI 8070), StrlSchV, RöV, ...
- Gefährdungen durch gefährliche (chemische) Stoffe.
GefStoffV, BG/GUV-SI 2003, BG/GUV-SI 2004, ...

Sicherheitsaspekte im Physikunterricht: Bemerkungen zum Begriff „Aufsicht“

Die verschiedenen Teile der RiSU 2013 (z. B. Gefahrstoffe, Umgang mit Maschinen, biologische Arbeitsstoffe, Physik, Strahlenschutz) benutzen unterschiedliche und teils widersprüchliche Definitionen von „Aufsicht“.

Im Folgenden wird die klare und konsistente Begriffsbildung der Strahlenschutzverordnung, der Röntgenverordnung und des Anhangs 8 „Umgang mit radioaktiven Stoffen“ der RiSU 2013 verwendet.

- „ ... unter Aufsicht des Lehrenden experimentieren ... “:
De facto die „klassische“ Aufsicht: Z. B. Schüler bestimmen in Gruppenarbeit die Dichte von verschiedenen Stoffen. Lehrer darf Raum nicht verlassen.
- „ ... unter unmittelbarer Aufsicht des Lehrenden experimentieren ... “:
Ein Schüler experimentiert am Lehrerpult, der Lehrer beaufsichtigt den gesamten Vorgang und kann jederzeit eingreifen.
Z. B. RiSU 2013, 8.10.2: Schüler dürfen mit umschlossenen Präparaten unterhalb der Freigrenze experimentieren, „wenn eine im Strahlenschutz unterwiesene Lehrkraft unmittelbar Aufsicht führt“.
Beachte: „unmittelbare Aufsicht“ und „Experimentieren aller Schüler“ schließen sich aus.
- „ ... Schüler können bei Experimenten mitwirken unter ... “:
Z. B. RöV §13 (4): „... dass Schüler beim Betrieb der Schulröntgenröhre oder eines genehmigungsbedürftigen Störstrahlers nur in Anwesenheit und unter der Aufsicht des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten mitwirken.“

Gefährdungen durch elektrische Energie: Relevante Begriffe

Physikalische Einteilung

- **Hochspannung** (high voltage): $U_{AC} > 1000 \text{ V}; U_{DC} > 1500 \text{ V}$
- **Niederspannung** (low voltage): $50 \text{ V} < U_{AC} < 1000 \text{ V}; 120 \text{ V} < U_{DC} < 1500 \text{ V}$
- **Kleinspannung** (extra low voltage): $U_{AC} < 50 \text{ V}; U_{DC} < 120 \text{ V}$

„Physiologischer“ Begriff: nichtberührunggefährliche Spannung

- falls $U_{AC} < 25 \text{ V}; U_{DC} < 60 \text{ V}$
- oder bei größeren Spannungen falls $I_{\max,AC} < 3 \text{ mA}; I_{\max,DC} < 12 \text{ mA}$
- oder bei größeren Spannungen falls $E_{\max} < 350 \text{ mJ}$

Technische Schutzmaßnahmen

- Safety extra low voltage (SELV)
Netzgeräte mit Kleinspannung und Sicherheitstransformator
- Sicherheitsexperimentierkabel, Sicherheitsbuchsen



alte Geräte

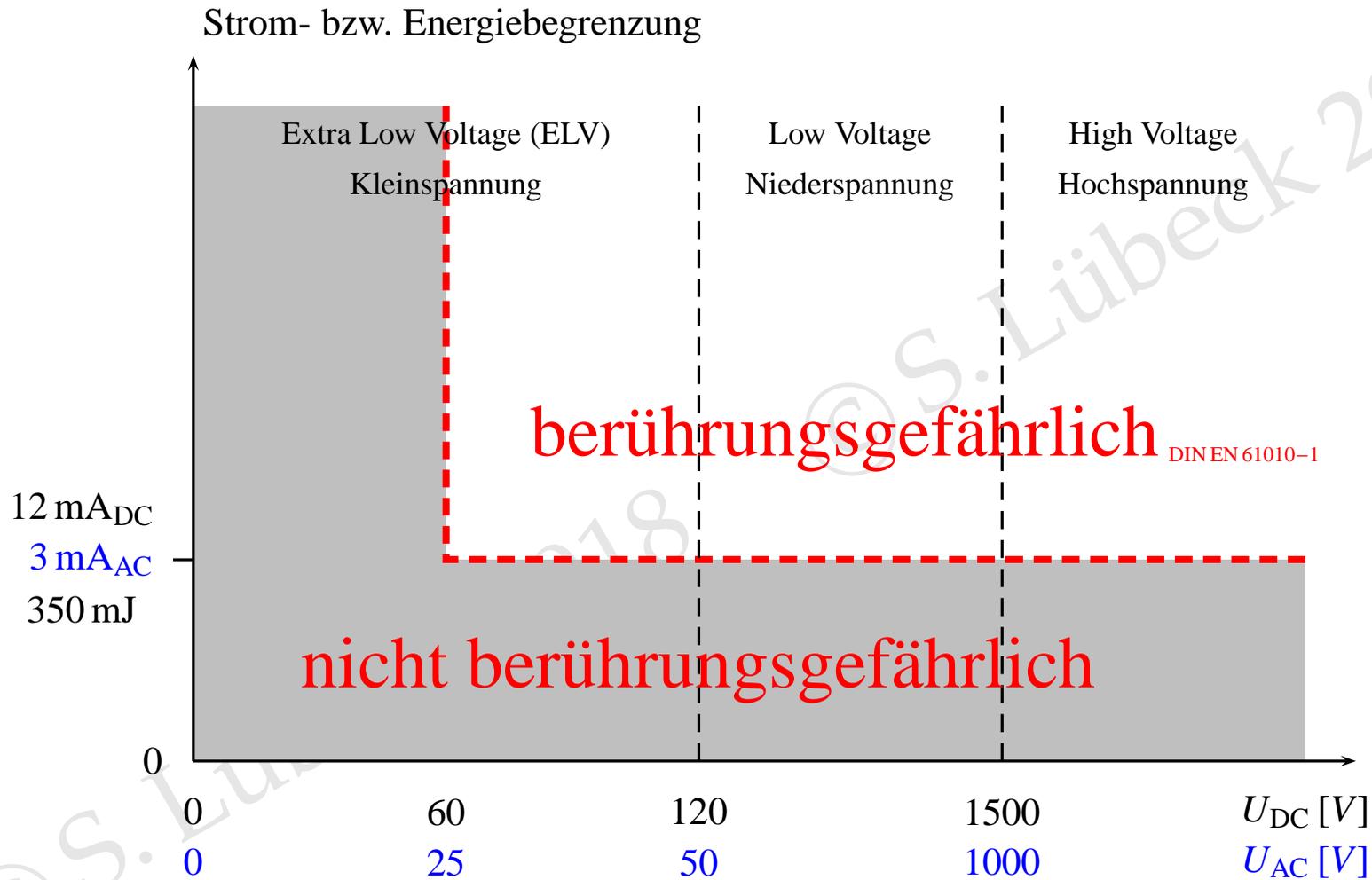
nachrüsten



Kosten

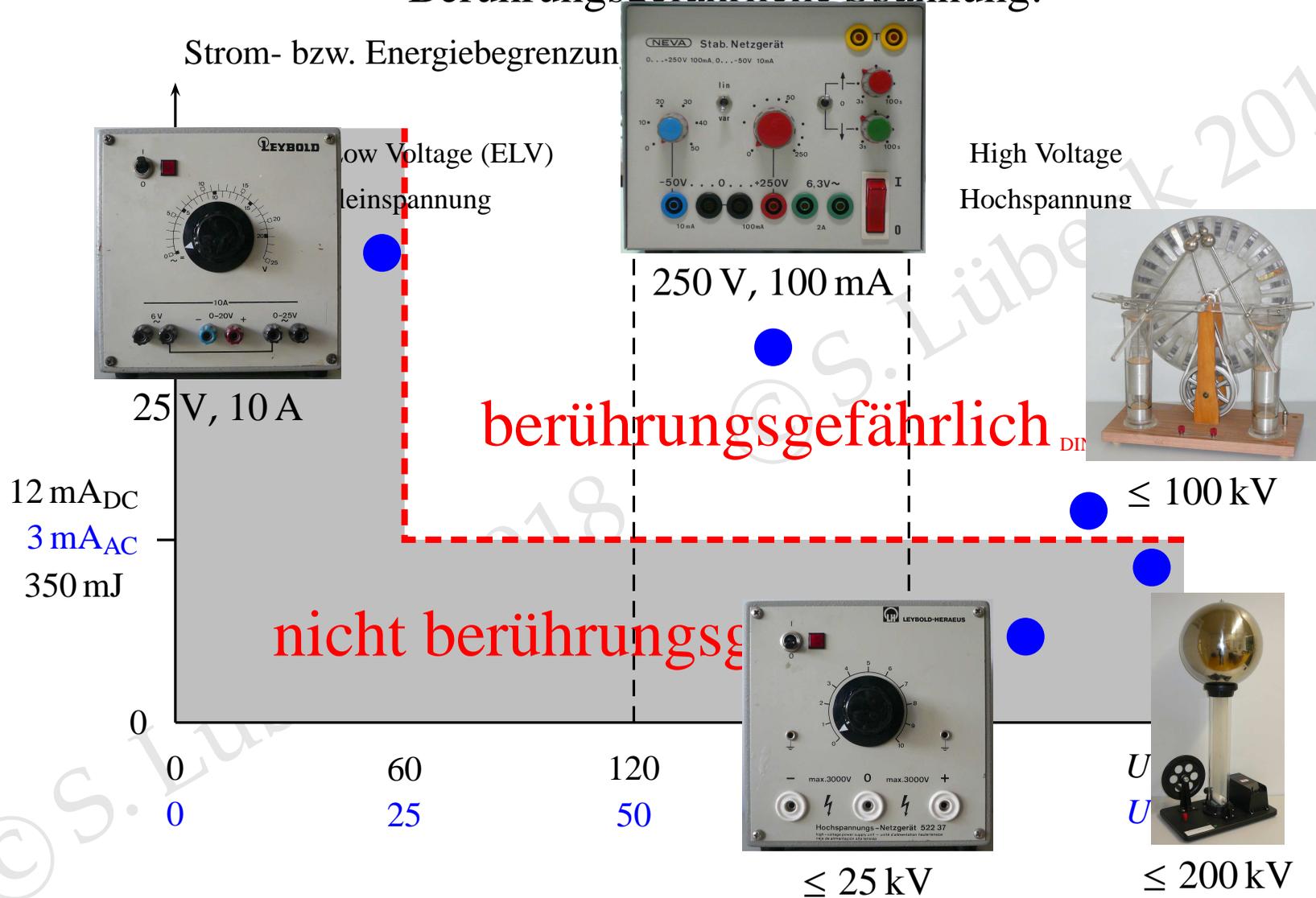
Gefährdungen durch elektrische Energie:

Berührungsgefährliche Spannung:



Gefährdungen durch elektrische Energie: Geräte

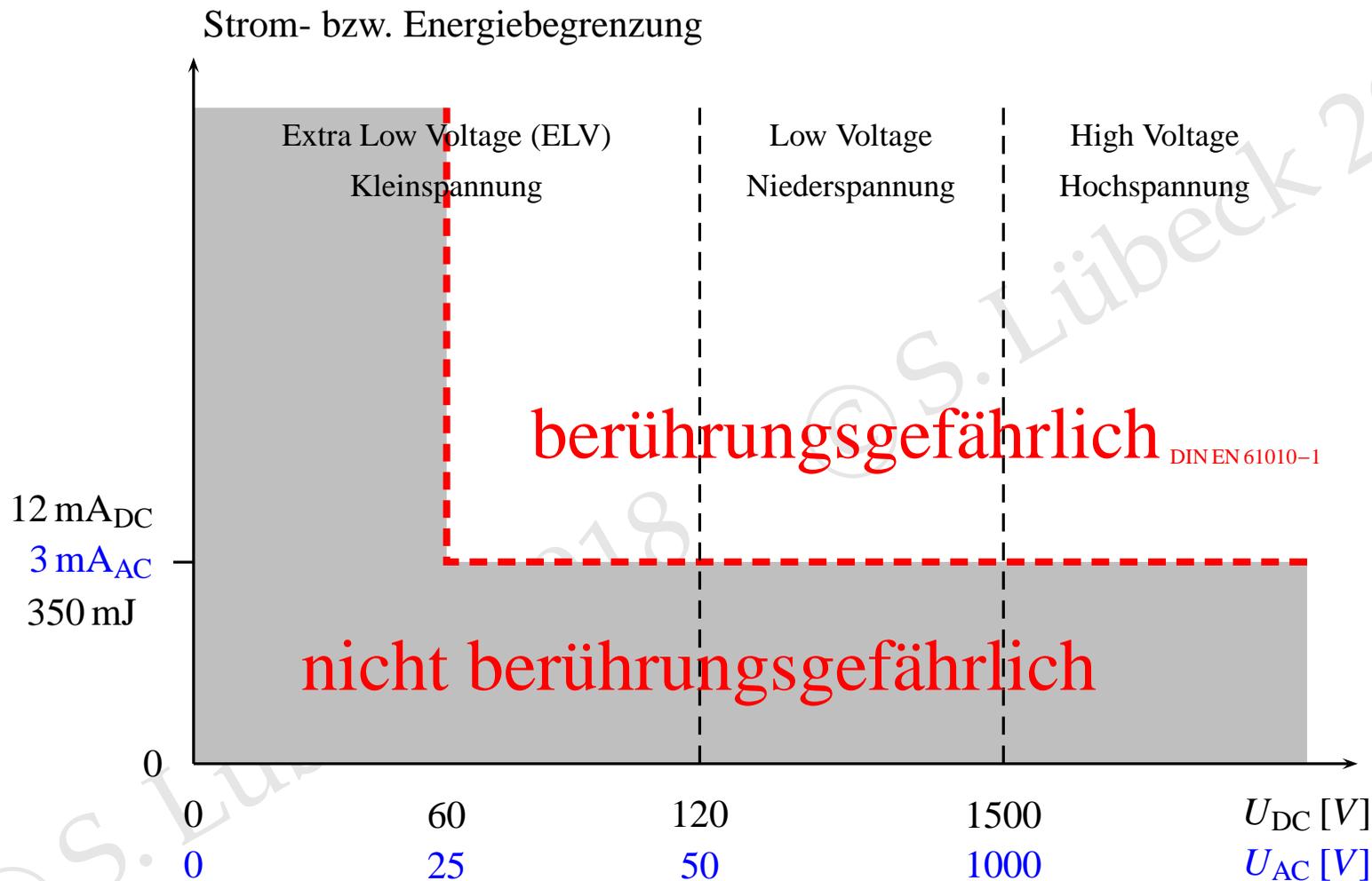
Berührungsgefährliche Spannung:



Beachte erstens: Durch Spulen, Kondensatoren etc. können berührungsgefährliche Spannungen auch bei Verwendung von Geräten mit nicht berührungsgefährlichen Ausgangsspannungen auftreten. → **gesamter Aufbau ist entscheidend.**

Gefährdungen durch elektrische Energie:

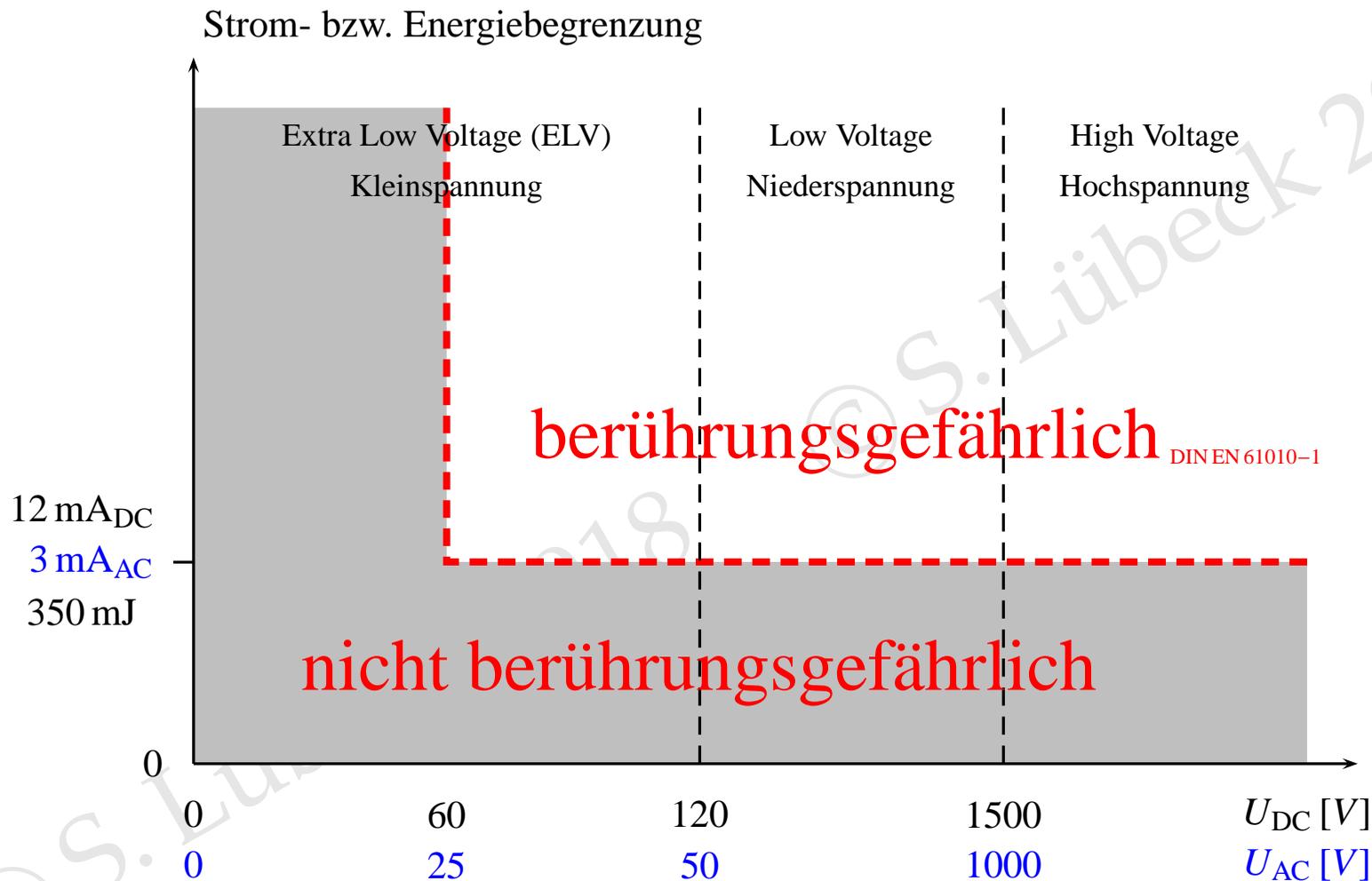
Berührungsgefährliche Spannung:



Beachte zweitens: Falls Lernziel durch nicht berührungsgefährliche Spannungen erreichbar ist, müssen nicht berührungsgefährliche Spannungen eingesetzt werden.

Gefährdungen durch elektrische Energie:

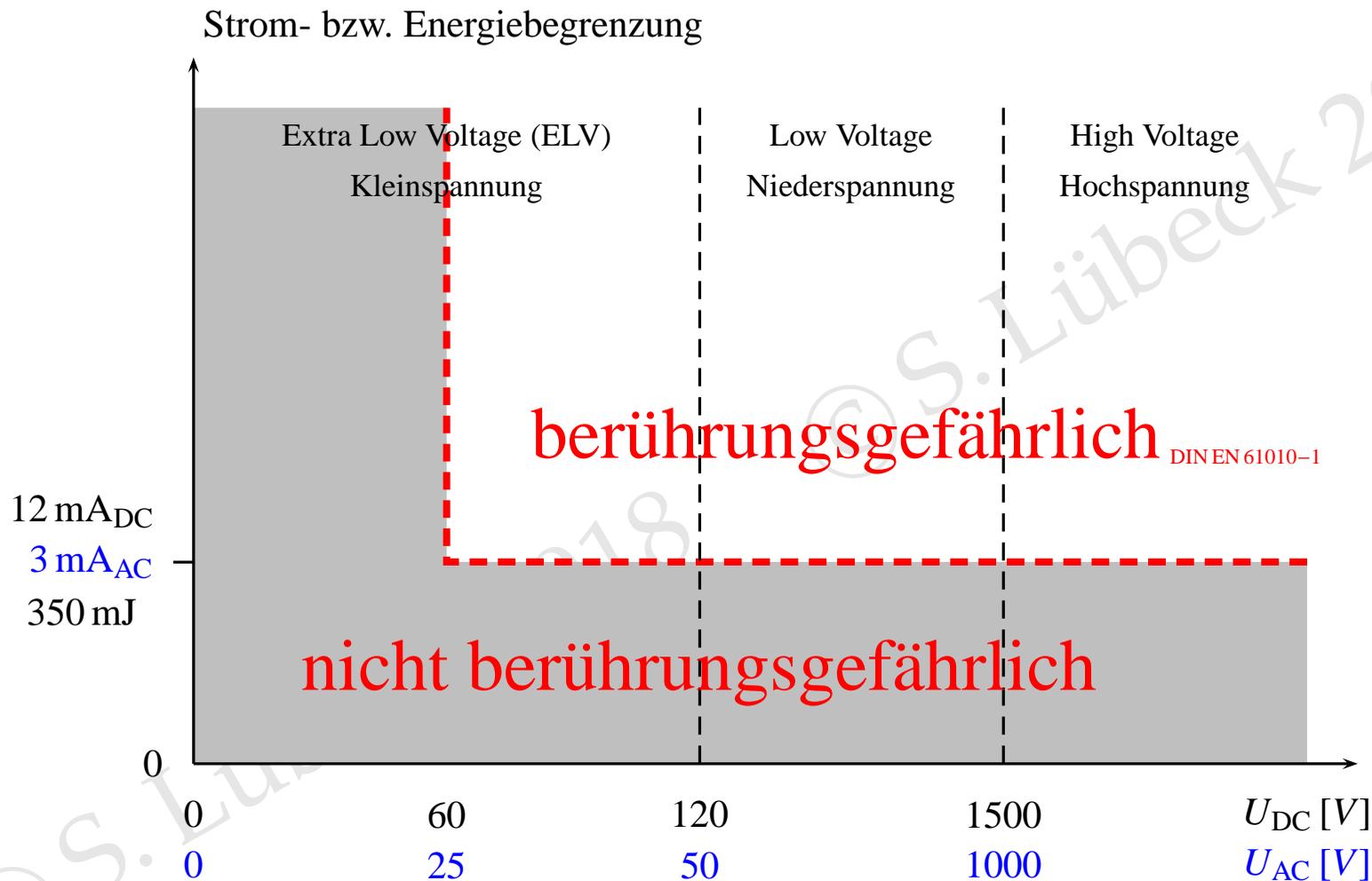
Berührungsgefährliche Spannung:



RiSU 2013, I-11.8: Bei allen Experimenten im Bereich der berührungsgefährlichen Spannungen sind Sicherheitsexperimentierkabel (und damit Geräte mit Sicherheitsbuchsen) vorgeschrieben (unabhängig davon, wer experimentiert).

Gefährdungen durch elektrische Energie:

Berührungsgefährliche Spannung:

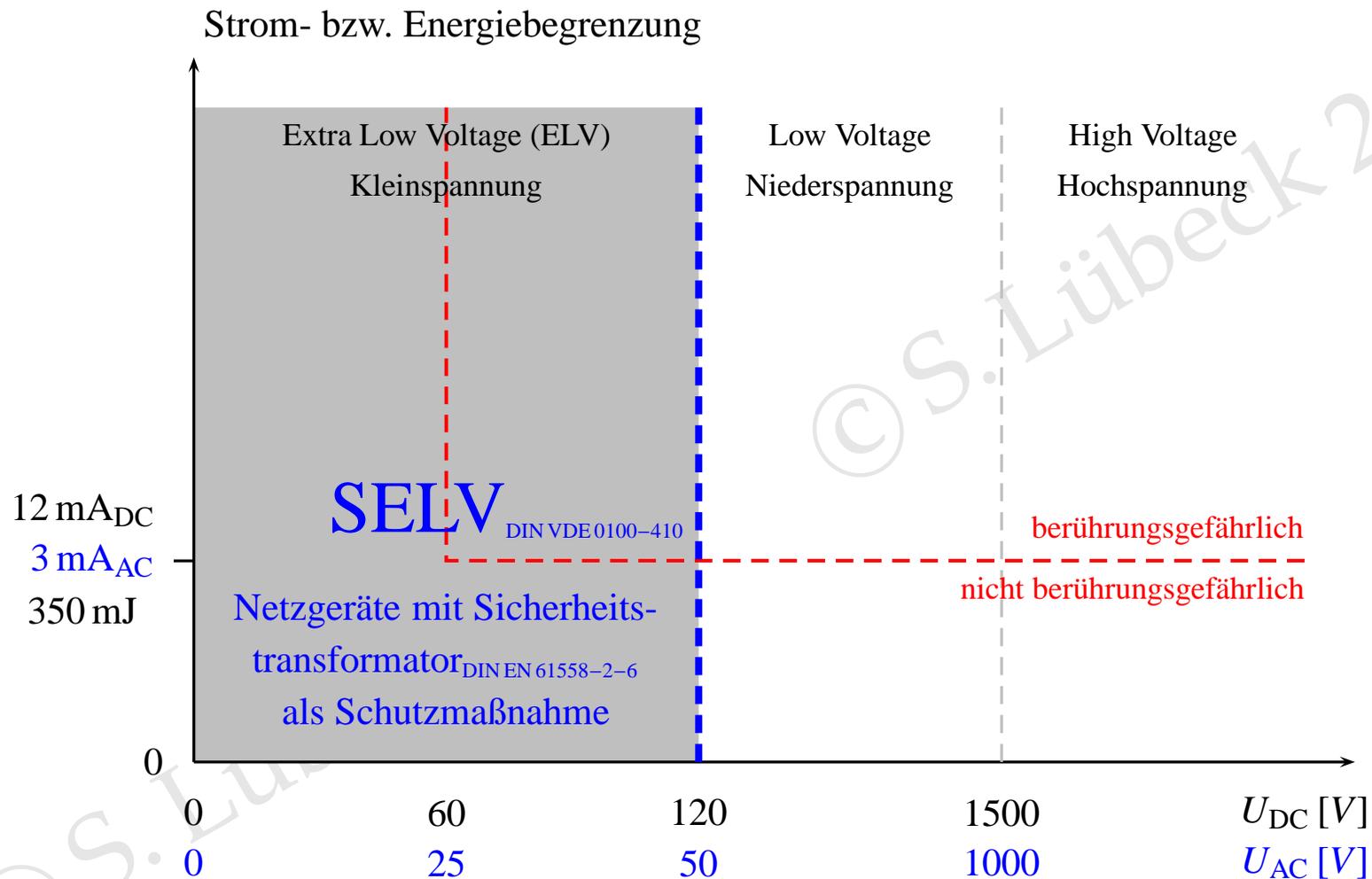


RiSU 2013, I-11.4 (Seite 67): Soll mit berührungsgefährlicher Spannung gearbeitet werden, muss die Lehrkraft außerdem ein abgeschlossenes Lehramtsstudium des Faches Physik oder vergleichbarer Ausbildungsgänge besitzen.

Bei Quer- bzw. Seiteneinsteigern Einzelfallentscheidung durch Schulleitung??????

Gefährdungen durch elektrische Energie:

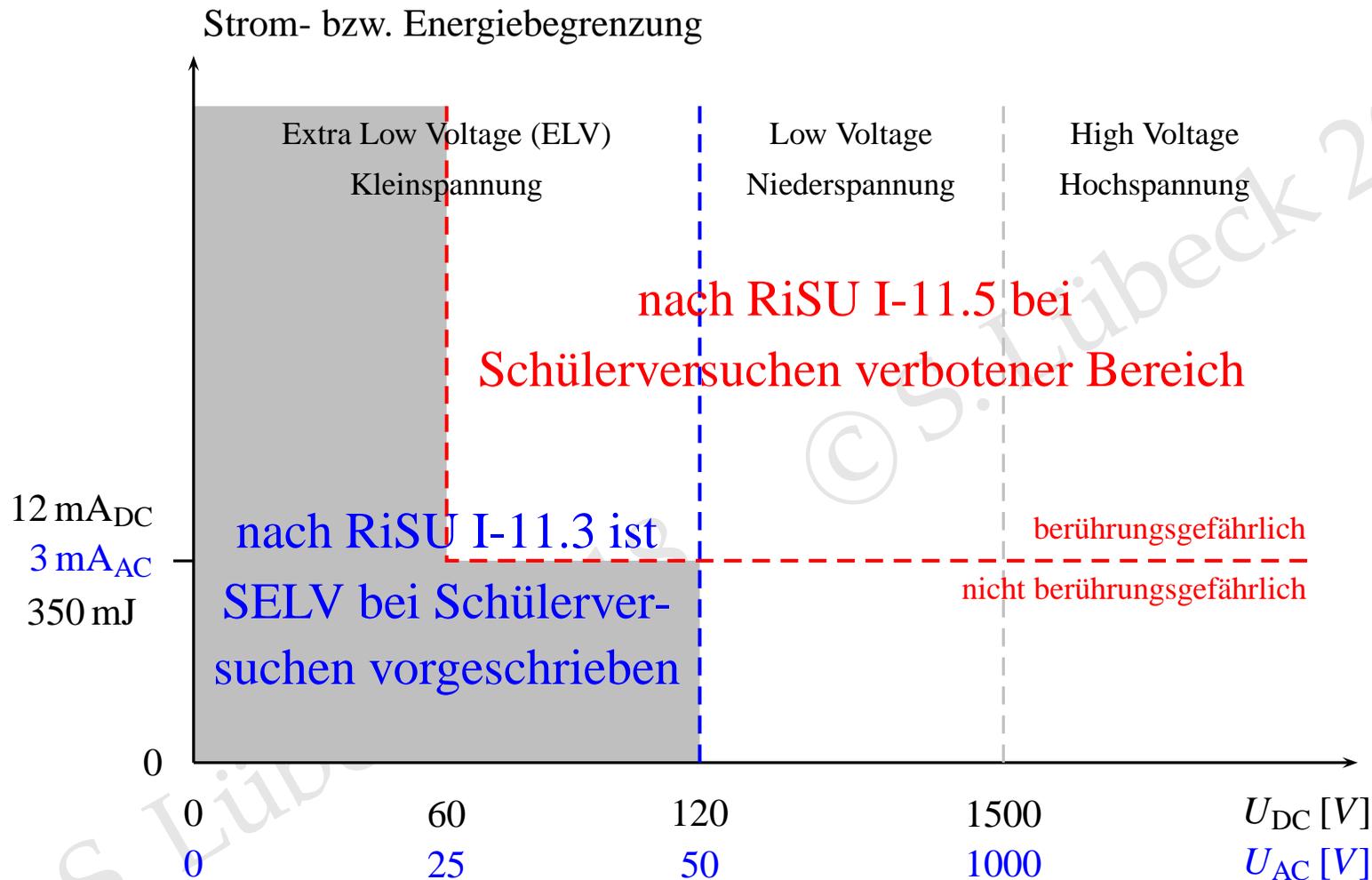
Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung (SELV):



Beim Sicherheitstransformator (DIN EN 61558-2-6) ist der Primär- und Sekundärkreis galvanisch getrennt, doppelte Isolierung, etc.

Gefährdungen durch elektrische Energie:

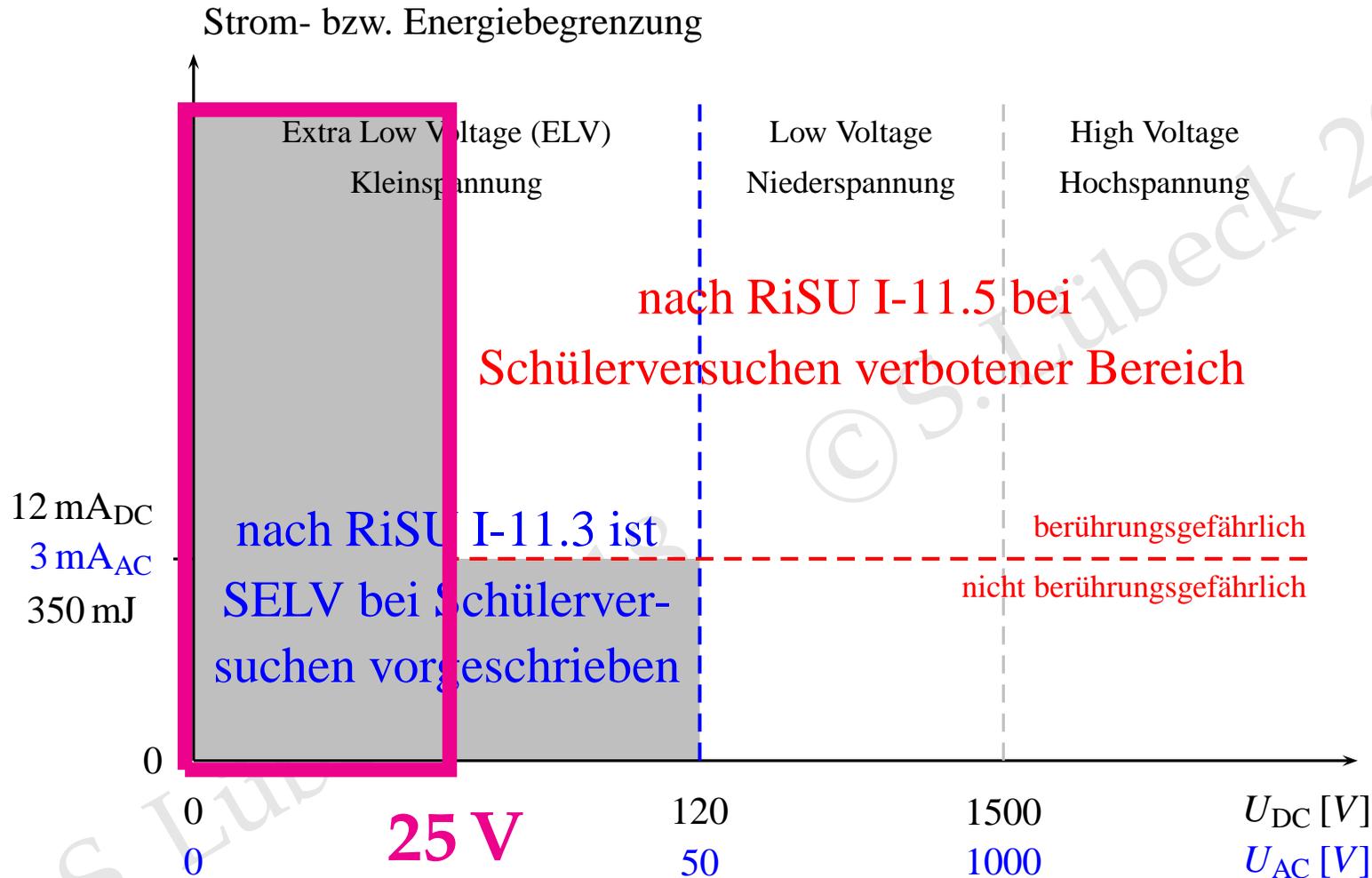
Schülerversuche unterhalb der Oberstufe:



Bei Schülerversuchen müssen Netzgeräte den SELV-Standard erfüllen, d. h. ein Sicherheitstransformator muss vorhanden sein (in strenger Auslegung müssten die Geräte nach Schutzklasse III zertifiziert sein). Unterhalb von $U_{AC} = 25 \text{ V}$, $U_{DC} = 60 \text{ V}$ sind keine Sicherheitsexperimentierkabel notwendig (BG/GUV SI-8040).

Gefährdungen durch elektrische Energie: Esslinger Faustregel

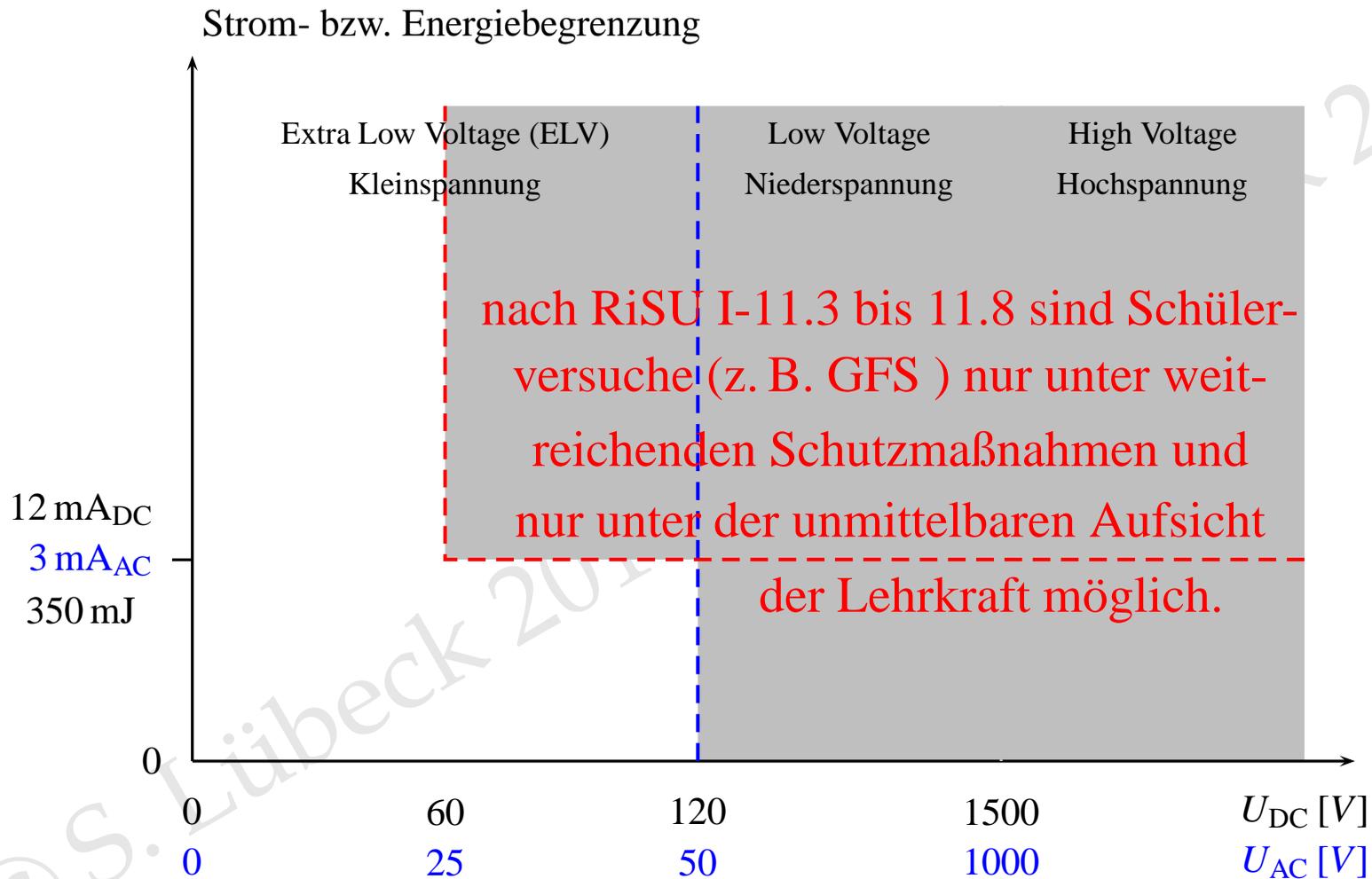
Schülerversuche unterhalb der Oberstufe:



Schülerversuche nur mit Netzgeräten mit $U_{max} = 25 \text{ V}$ (egal ob AC oder DC) und mit Sicherheitstransformator (DIN EN 61558-2-6). Keine Transformatoren, Spulen, Kondensatoren etc. im Aufbau (→ nichtberührungsfähige Spannungen). Sicherheitsexperimentierkabel sind nicht notwendig.

Gefährdungen durch elektrische Energie:

Schülerversuche in der Oberstufe:



Weitreichende Schutzmaßnahmen: insb. Sicherheitsexperimentierkabel, Lehrer kontrolliert Aufbau, Lehrer führt unmittelbar Aufsicht, Lehrer gibt Spannung frei etc.

Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung: UV-Licht

Neben der RiSU ist die OStrV zu beachten.

Nach OStrV hat optische Strahlung Wellenlänge zwischen 100 nm und 1 mm.

„Künstliche optische Strahlung“ ist optische Strahlung aus künstlichen Quellen (z. B. Spektrallampen, UV-Lampen, Lichtbogen, LED, aber auch gebündeltes Sonnenlicht).



- Spektrallampe so ausrichten, dass Schüler nicht direkt bestrahlt werden.
- Nicht in direkten oder reflektierten Strahl blicken.
- Nicht im Strahl aufhalten bzw. Körperteile bestrahlen.
- Spektrallampe und Netzgerät („Drossel“) nur durch Lehrer betreiben.
- Bei Bruch der Hg-Lampe: Schüler verlassen den Raum, lüften, Quecksilber sachgerecht entsorgen.
- Auf mechanische Stabilität achten. Berührung der heißen Lampe vermeiden.

Gefährdungen durch künstliche optische Strahlen: Laser

Neben der RiSU sind die OStrV und die BGV/GUV-V B2 zu beachten.



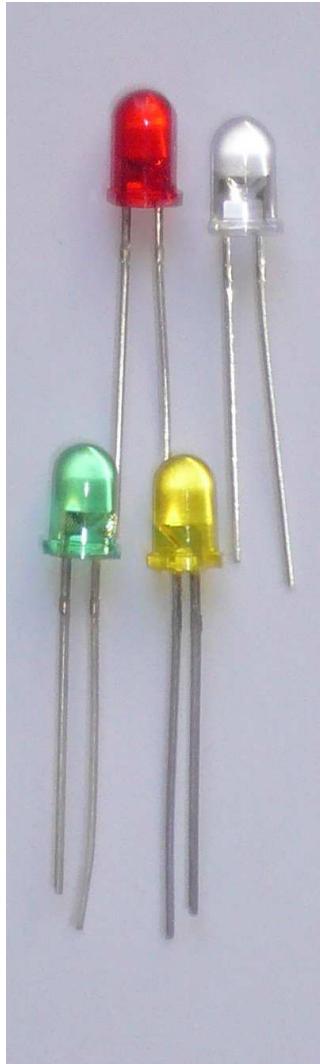
- Nur Laser der Klassen 1M, 2, 2M, 3A verwenden.
- Warnschild aufstellen.
- Laserbereich (Physikraum) gegen unbefugten Zugang sichern.
- Aufbau: Laserstrahl verläuft horizontal, nicht auf Augenhöhe (direkten Blick in Strahl bzw. in Reflexionen vermeiden).
- Strahlquerschnitt nicht verkleinern.
- Unbeabsichtigte Reflexionen vermeiden (Uhren, Schmuck ablegen).
- Schülerversuche nur unter Aufsicht, Lehrer kontrolliert Aufbau vorher.
- Laser unter Verschluss halten (nicht in der Sammlung oder auf dem Pult liegen lassen).

Im Unterricht nur Laserpointer der Klasse 2 verwenden, die nach DIN EN 60825 bzw. nach DIN EN 60825-1 zertifiziert sind (beim Kauf beachten).

Gefährdungen durch künstliche optische Strahlen: LED

Neben der RiSU sind die OStrV und die DIN EN 62471 (*Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen*) zu beachten.

Nach DIN EN 62471: Einteilung inkohärenter optischer Strahlen in Risikogruppen (RG).



- Grenzwerte sind durch Leuchtdichten definiert.
Beachte: Leuchtdichte einer Quelle ist abstandsunabhängig.
- RG 0: Freie Gruppe — keine fotobiologische Gefährdung.
- RG 1: Geringes Risiko — keine fotobiologische Gefährdung bei normalem Verhalten.
- RG 2: Mittleres Risiko — keine fotobiologische Gefährdung aufgrund von Abwend-Reaktionen.
- RG 3: Hohes Risiko — fotobiologische Gefährdung auch bei flüchtiger oder kurzzeitiger Bestrahlung. **Nicht in Schule!**
- Bei RG 0 und RG 1 ist Kennzeichnung nicht erforderlich.
- RiSU 2013: Schutzmaßnahmen ab RG 2 erforderlich.
- Einweisung vor allem der SuS: **Nie in die LED starren.**
- Bei Cree-LED: Strahlquerschnitt nicht verkleinern.

Gefährdungen durch ionisierende Strahlung: Radioaktive Präparate

Zu beachten ist Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und RiSU (2013).



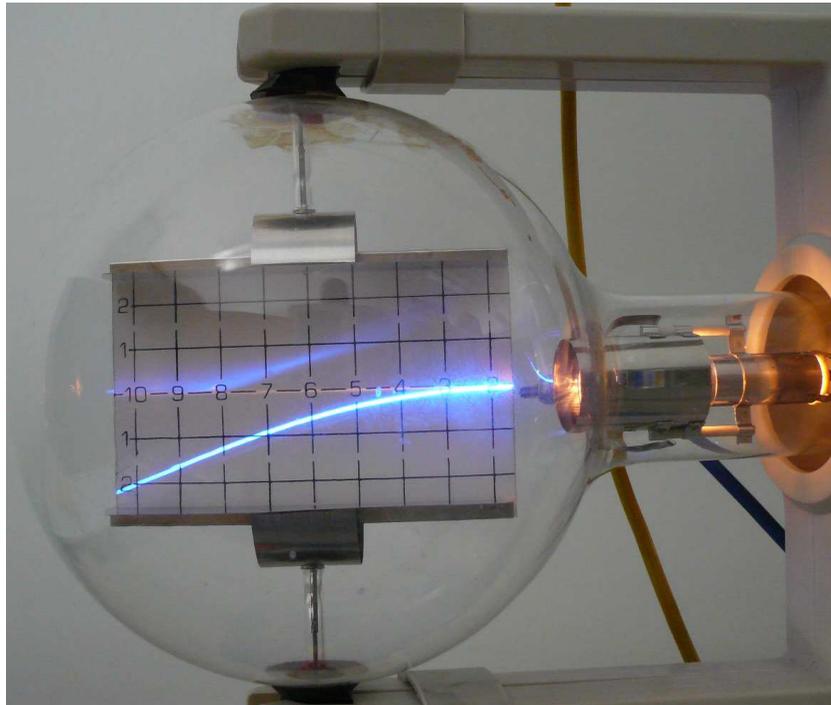
- Strahlenschutzgrundsätze beachten, insb. „Fünf A-Regel“:
 - Abstand erhöhen,
 - Aufenthaltsdauer verkürzen,
 - Aktivität vermindern,
 - Abschirmung verstärken,
 - Aufnahme in den Körper vermeiden.
- Schülerversuche sind de facto ausgeschlossen (→ RiSU 8.8).
- Lehrer ist kein Strahlenschutzbeauftragter:
Experimente mit Präparaten unterhalb der Freigrenze oder mit Bauartzulassung nach StrlSchV 2001 nach Einweisung (jährlich wiederholen) möglich.
- Lehrer ist Strahlenschutzbeauftragter:
Zusätzlich sind Experimente mit Präparaten mit Bauartzulassung nach StrlSchV 1989 oder älter möglich.
- Präparate unter Verschluss halten (nicht in der Sammlung oder auf dem Pult liegen lassen).

Gefährdungen durch Röntgenstrahlen: Störstrahler

Zu beachten ist die Röntgenverordnung (RöV) und die RiSU.

Bei Störstrahlern ist nicht die Erzeugung der Röntgenstrahlung der Zweck.

Hier werden nur Störstrahler behandelt, die nach RöV §5 (2) keiner Genehmigung bedürfen.



- Störstrahler im Sinne der RöV:
 - Elektronenablenkröhre
 - Elektronenbeugungsröhre
 - Schattenkreuzröhre
 - Gasentladungsröhren
 - (Elektronenmikroskope)
- Anodenspannung maximal 5 kV.
- Nach Unterweisung (jährlich wiederholen) dürfen alle Lehrer experimentieren.

Gefährdungen durch thermische Einwirkung: Kartuschenbrenner

Nach RiSU (2013) I-5.4, Seite 49:



- Nur Gaskartuschen mit „Sicherheitsventil“ (z. B. CV 270) verwenden.
- Schutzbrille verwenden.
- Gaskartuschen nicht erwärmen.
- Maximal 8 Kartuschenbrenner im Unterricht verwenden.
- Vor und nach Benutzung auf äußere Mängel sowie geschlossene Ventile überprüfen.
- Auswechslung der Kartuschen nur durch Lehrer.
- Lagerung in Schrank mit Bodenöffnung.

Schutzbrillen sind nach der RiSU (2013) nicht zwingend vorgeschrieben, sollten aber benutzt werden (→ Chemie).

Gefährdungen durch Lärmeinwirkung

Zu beachten ist die LärmVibrationsArbSchV und die RiSU. Juristisch relevant ist „Auslösewert des Spitzenschalldruckpegels 137 dB (C)“.

Entspricht in etwa der Lautstärke eines Düsentriebwerks in 25 m Entfernung.



- Bei Überschreiten des Auslösewerts sind umfangreiche Schutzmaßnahmen notwendig (irreversible Hörschäden drohen):
 - Personeller Gehörschutz
 - Lärmbereiche festlegen, abgrenzen
 - Umgestaltung des Arbeitsplatzes
 - ...

In Schulen nicht umsetzbar.

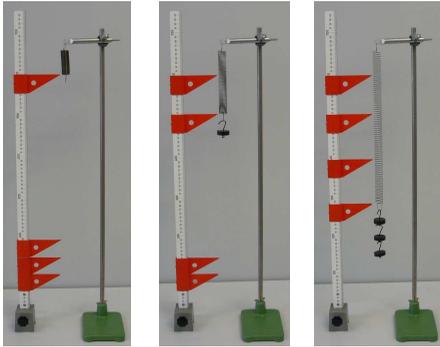
Fazit: Auslösewert immer unterschreiten.

- Einige Versuche können die Nähe des Auslösewerts erreichen, insb.
 - Kundtsches Staubrohr
 - Schwingende Luftsäule

→ In Vorbereitung mit Messgerät überprüfen und Lautstärke anpassen.

Gefährdungen durch mechanische Einwirkung

Zu beachten RiSU (2013) II-4.1, Seite 90.



- Bei allen Aufbauten auf mechanische Stabilität achten.
- Gefährdungen beachten bei
 - hohen und niedrigen Drücken (insb. Magdeburger Halbkugeln)
 - Flaschenzügen mit großen Massen
 - gespannten Federn und Drähten
 - Glasbruch (z. B. Kolbenprober, Fallröhre).
- Rotationsexperimente sorgfältig planen, insb. falls Massestücke wegfliegen.
Rotierende Körper nicht in Augenhöhe anordnen.
- Bei schnell drehenden Rotationsachsen müssen Experimentatoren mit langen Haaren diese schützen.
- Bei Würfeln auf gefahrlose Wurfbahn achten.
- Drehschemelversuche mit angezogenen Armen beginnen.

Gefährdungen durch mechanische Einwirkung: „Vakuumglocke“

Zu beachten ist die Implosionsgefahr bei der Luftpumpenglocke („Vakuumglocke“).



- Vor Durchführung „Vakuumglocke“ auf Unversehrtheit überprüfen (insb. Risse oder Absplitterungen am Schliff).
- Defekte „Vakuumglocken“ sofort stilllegen.
- Oberfläche des Experimentiertellers auf Unversehrtheit überprüfen.
- **Schutzscheibe verwenden.**
- Experimentator verwendet Schutzbrille.
- Bei Störungen Versuch sofort abbrechen.
- Evakuierte Glocke nicht „mit Gewalt“ anheben.
- Glocke nicht evakuiert in Sammlung lagern.
- Keine zur Explosion neigenden Akkus oder Batterien in Glocke verwenden.