



## Fachbrief Nr. 10 Physik

### Hinweise zur Neufassung der Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)

Ihre Ansprechpartner in der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft  
Joachim Kranz, [Joachim.Kranz@senbjw.berlin.de](mailto:Joachim.Kranz@senbjw.berlin.de)

Ihre Ansprechpartnerin im LISUM Berlin-Brandenburg:  
Dr. Ilona Siehr, [Ilona.Siehr@lisum.berlin-brandenburg.de](mailto:Ilona.Siehr@lisum.berlin-brandenburg.de)

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

mit diesem Fachbrief erhalten Sie Informationen zur Neufassung der Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) vom 27.02.2013 und zur Gefahrstoffliste (DGUV Regel 2012).

**Wo liegen die Schwerpunkte der neuen RiSU?**

Mit der Aktualisierung der „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“ (Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i.d.F. vom 27.02.2013) hat die Kultusministerkonferenz ihre Empfehlungen den aktuellen sicherheitstechnischen Erfordernissen folgend weiterentwickelt. Die Neufassung referiert den aktuellen Stand einschlägiger Vorschriften aus Recht, Verwaltung, Unfallverhütung und geltender technischer Regeln.

Schwerpunkte der Neuregelung betreffen u. a. Themenbereiche wie Gefahrstoffe und ihre Entsorgung, mikrobiologische und gentechnische Arbeiten, den Umgang mit Lebewesen, Lärm sowie radioaktiven Stoffen, Störstrahlern, künstlichen optischen Strahlungen und Lasern. Der Anhang „Strahlenschutz“ wurde mit dem entsprechenden Fachausschuss beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit abgestimmt.

Fächer- und schulformübergreifendes Erziehungsziel ist das sicherheits-, verantwortungs- und umweltbewusste Handeln aller am Bildungsgeschehen Beteiligten, unter denen vor allem die Lehrkräfte in ihrer Vorbildfunktion aufgerufen sind, Bewusstseins-, Einstellungs- und Verhaltensänderungen pädagogisch zu unterstützen.

**Wie ist die RiSU gegliedert?**

Die RiSU gliedert sich in drei Teile, die alle für das Fach Physik bedeutsam sind:

TEIL I: Verbindliche Regelungen

Dieser Teil enthält Angaben zu Fachräumen, den Umgang mit Gefahrstoffen, Druckgasflaschen, biologischen Arbeitsstoffen, Lebewesen, radioaktiven Präparaten, Tätigkeiten mit elektrischer Energie, optischer Strahlung u. v. a. m.

TEIL II: Hinweise und Ratschläge

Hier finden sich allgemeine Hinweise zu Verhaltensregeln, zur Aufbewahrung, zum Arbeiten in Abzügen, zu Versuchsaufbauten, zum Umgang mit Glasgeräten, Stativen, Laborbrennern und anderen Wärmequellen, zum Erhitzen von Stoffen, zur Destillation, zu elektrischen Einrichtungen und zu Tätigkeiten mit Stoffen und Gemischen sowie weitere Hinweise und Ratschläge für die einzelnen Fächer.

TEIL III: Anlagen

Dieser Teil enthält u. a. Übersichten und Listen zu den folgenden Themen: Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, Informationen zur Ersten Hilfe, Sicherheitskennzeichen, Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung, Tabellen zur Kennzeichnung nach Stoffrichtlinie, Kennzeichnung nach GHS, Entsorgung von Gefahrstoffabfällen in Schulen sowie schulrelevante Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen.

Die umfangreiche Datei zur RiSU (3,3 MB, 330 Seiten) kann unter <http://www.kmk.org/bildung-schule/allgemeine-bildung/sonstiges-einzelfragen/sicherheit-im-unterricht.html> eingesehen bzw. heruntergeladen werden.

Zu beachten ist ferner die DGUV Regel 2012 „Gefahrstoffliste“, auf die in der RiSU mehrmals hingewiesen wird.

Die Liste enthält die vorgeschriebenen Einstufungen und Kennzeichnungen von Stoffen und Gemischen gemäß der GHS-Verordnung 1272/2008 sowie die in der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ aufgeführten Stoffe. Weiterhin aufgenommen wurden die Luftgrenzwerte (TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“) und die Biologischen Grenzwerte – BGW (TRGS 903).

Quelle: <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/rep0112.pdf>

### Welche Regelungen sind besonders zu beachten?



**Zu beachten ist in der RiSU insbesondere der neu gefasste Abschnitt II – 4.3.2.3 zur Verwendung von Lasern, weil dort eindeutige Vorgaben, auch zur Lagerung der Laser, ausgesprochen werden.**

## Hinweise und Ratschläge der RiSU zum Fach Physik

Im Folgenden werden die Hinweise und Ratschläge zum Fach Physik abgedruckt, die in der RiSU auf den Seiten 90 – 94 zu finden sind.

### II – 4 Fachbezogene Hinweise und Ratschläge ~ Physik

#### II – 4.1 Mechanik

Bei Versuchsaufbauten auf mechanische Stabilität achten.  
Beim Experimentieren mit hohen Drucken, gespannten Federn und Drähten oder beim Flaschenzug zur Bewegung großer Massen mögliche Gefährdungen beachten.  
Beim Arbeiten mit vermindertem Druck (z. B. Fallröhre, Gasdichtebestimmung, auch Sieden unter vermindertem Druck) Gefahr der Implosion beachten.  
Bei Versuchen zum waagrechten oder schiefen Wurf gefahrlose Wurfbahn wählen.  
Den Aufbau von Rotationsexperimente besonders sorgfältig planen und ausführen.  
Falls die Gefahr besteht, dass Massenstücke wegfliegen, Schutzscheibe benutzen.  
Rotierende Körper nicht in Augenhöhe anordnen.  
Drehschemelversuche mit angezogenen Armen beginnen.

#### II – 4.2 Wärmelehre

Beim Erhitzen von Wasser in Druckgefäßen (z. B. im Papinschen Topf) Sicherheitsventile vor dem Experiment prüfen. Mit dem Druck unter der zulässigen Höchstgrenze bleiben.  
Dämpfe hoch- oder leichtentzündlicher, nicht wasserlöslicher Flüssigkeiten (z. B. Ether) nicht mit Rotationspumpen absaugen. Beim Absaugen mit Wasserstrahlpumpe Zündquellen in der Nähe vermeiden.  
Beim Experimentieren mit dem "Bolzensprenger" und der "Sprengkugel" splittersichere Abdeckung benutzen.

## II – 4.3 Optik und optische Strahlung

Bei Versuchen mit gefährlicher Strahlung (z. B. Lichtbogen-, Quecksilberhochdruck-Lampen, UV-Lampen, Laser, brennendes Magnesium) Blendung und Überreizung der Augen verhindern. Die Versuchsanordnung so aufbauen, dass niemand direkt in den Strahlengang blicken kann. Beim Betrachten von Lichtbögen, Sonnenbeobachtung etc. geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen.

Beim Umgang mit Hochdrucklampen Erschütterungen vermeiden (Explosionsgefahr). Herstellerhinweise beachten. Bei Experimenten, in denen die Lichtquelle direkt betrachtet wird, die Leuchtdichte auf ein ungefährliches Maß begrenzen.

### II – 4.3.1 Strahlungsquellen in Schulen

In allgemein bildenden Schulen können zum Beispiel folgende künstliche optischen Strahlungsquellen vorkommen:

Haushaltsübliche Leuchtmittel

Laser und Laserpointer

UV-Lampen

Spektrallampen

offene Flammen

Abbrennen von Magnesium

Bogenlampen

Blitzlichtgeräte

LED-Lampen

gebündeltes Sonnenlicht

Brennöfen

IR-Lampen.

### II – 4.3.2 Expositionsgrenzwerte

#### II – 4.3.2.1 Einhaltung der Expositionsgrenzwerte

Die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte ist u. a. abhängig von der Zeit, dem Abstand und der Strahlungsart. Bei den Expositionsgrenzwerten für UV-Strahlung ist in der Regel nur der Effektivwert  $H_{\text{eff}}$  von  $30 \text{ J/m}^2$  (für Augen und Haut) zu berücksichtigen, da der zusätzliche Langzeitgrenzwert von  $10000 \text{ J/m}^2$  für die Augen bei Schulversuchen keine Rolle spielt.

Zur Beurteilung von Blendungen haben sich  $1000 \text{ cd/m}^2$  als Grenzwert bewährt.

#### II – 4.3.2.2 Einhaltung ohne besondere Schutzmaßnahmen

Bei bestimmungsgemäßer Verwendung sind die Expositionsgrenzwerte ohne besondere Schutzmaßnahmen bei folgenden Strahlungsquellen eingehalten:

Haushaltsübliche Leuchtmittel

Geldscheinprüfgeräte

Schwarzlichtlampen zur Bühnenbeleuchtung

offene Flammen, z. B. Teclu- oder Bunsenbrenner

Natrium-Spektrallampe

Blitzlichtgeräte.

#### II – 4.3.2.3 Einhaltung mit Schutzmaßnahmen

Bei folgenden Strahlungsquellen sind die Expositionsgrenzwerte eingehalten, wenn folgende Schutzmaßnahmen berücksichtigt werden:

**Laserpointer**, wenn sichergestellt ist, dass sie den Laserklassen 1 oder 2 nach DIN EN 60825 entsprechen und nur zu Präsentationszwecken eingesetzt werden. Wenn

Laserpointer für Experimente eingesetzt werden, sind die Schutzmaßnahmen nach Kap. I – 10.2 einzuhalten.

**Laser**, wenn die Schutzmaßnahmen von I – 10.2 eingehalten sind.

### **Einschub zu I – 10.2 Umgang mit Lasern**

Für Laser gelten die Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung (BGV/GUV-V B2). Die schulrelevanten Bestimmungen dieser UVV sind im folgenden ausgeführt.

In Schulen dürfen nur Laser der Klassen 1, 1M, 2 und 2M nach DIN EN 60 8258 oder 3A nach DIN EN 60 825-1 bis Ausgabe März 1997 eingesetzt werden. Zur Definition der Laserklassen siehe III – 5.

Laser der Klassen 1M, 2, 2M und 3A dürfen nur unter Verschluss aufbewahrt werden.

Vor Aufbau und Durchführung von Experimenten mit Lasern der Klasse 1M, 2, 2M und 3A sind die beteiligten und die beobachtenden Schülerinnen und Schüler über die Gefährdung der Augen durch das Laserlicht zu unterrichten. Diese Laser dürfen nur unter Aufsicht der Lehrerin oder des Lehrers betrieben werden.

Der Umgang mit Lasern in der Schule ist grundsätzlich in § 15 der UVV Laserstrahlung (GUV-V B2) geregelt, die DIN EN 60 825 wurde berücksichtigt, Der Versuchsbereich, in dem mit Lasern der Klassen 1M, 2, 2M und 3A experimentiert wird, ist während des Betriebs mit einem Laserwarnschild zu kennzeichnen.

Der Laserbereich von Versuchsaufbauten ist durch Abgrenzung gegen unbeabsichtigtes Betreten zu sichern.

Aufbau und Durchführung von Experimenten mit Lasern der Klasse 1M, 2M, 2M und 3A sind so zu gestalten, dass der Blick in den direkten Laserstrahl bzw. in den reflektierten Strahl vermieden wird, z. B. durch Abschirmung.

Beim Einsatz der Laser der Klassen 1M, 2M und 3A darf der Strahlenquerschnitt nicht verkleinert werden, d. h. sie dürfen nicht mit optisch sammelnden Komponenten (z. B. Lupen, Sammellinsen) verwendet werden.

**UV-Hand- und Tischlampen**, die z. B. bei der Dünnschichtchromatographie verwendet werden, wenn nicht direkt in den Strahlengang geschaut wird und die Hände nicht unnötig dem Strahlengang ausgesetzt werden. Das seitliche Streulicht ist in einer Entfernung ab 1 m unproblematisch. Beim Arbeiten im Strahlengang, z. B. beim Markieren der DC-Platte kann die erlaubte Tagesdosis von  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J/m}^2$  schon in wenigen Minuten erreicht sein, daher die Arbeitszeit im Strahlengang auf wenige Minuten (< 3 Minuten) begrenzen.

**Spektrallampen**, wenn Folgendes beachtet wird:

Sofern sie einen Quarzglaskolben besitzen (siehe Bedienungsanweisung) und im UV-Bereich emittieren, müssen Schutzmaßnahmen eingehalten werden. Z. B. bei Quecksilberdampflampen (Quecksilberhochdruck und -höchstdrucklampen) niemals direkt in den Strahlengang schauen oder sich darin aufhalten. Die erlaubte Tagesdosis an UV-Licht von  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J/m}^2$  kann selbst im Abstand von 50 cm bereits nach wenigen Sekunden überschritten sein. Beim Einsatz dieser Lampen sind Schutzmaßnahmen auch gegen seitlich zum Strahlengang austretendes Streulicht zwingend notwendig:

Abschirmung des Streulichtes durch in der Schule vorhandene Schutzscheiben z. B. aus Polycarbonat, Plexiglas, Glas, Verbundglas. (Achtung: Man kann nicht davon aus-

gehen, dass solche Schutzscheiben das UV-Licht im direkten Strahlengang hinreichend abschirmen.)

Der Arbeitsbereich, in dem diese UV-Strahlung auftreten kann, ist zu kennzeichnen mit dem Gefahrenhinweisschild „Vorsicht! Ultraviolette Strahlung“ und abzugrenzen. Diese Lampen dürfen nur unter unmittelbarer Aufsicht der Lehrerin oder des Lehrers betrieben werden.

Quecksilberdampflampen mit Glaskolben statt Quarzglaskolben geben i. d. R. deutlich weniger UV-Licht ab. Da dies aber vor Ort kaum entschieden werden kann, sind die gleichen Schutzmaßnahmen wie oben dringend zu empfehlen.

**Abbrennen von Magnesiumband, wenn die Blendung verhindert wird.** Die Expositionsgrenzwerte, insbesondere für die UV-Strahlung nach § 6 OStrV werden nicht überschritten.

Hier besteht eine Gefährdung durch Blendung. Die zulässige Leuchtdichte von  $1000 \text{ cd/m}^2$  wird selbst in 1,7 m Abstand um das 1000 fache überschritten. Durch entsprechende Abschirmung und Abschottung in Blickrichtung oder die Verwendung von Schutzfiltern z. B. Schweißerschutzfilter Stufe 3 oder 4, Cobaltglas oder eine Ceran-glasscheibe kann der Versuch sicher durchgeführt werden. Für die experimentierende Lehrperson ist eine Schweißerschutzbrille der Stufe 5 geeignet. Vor dem Experiment sind die Schülerinnen und Schüler dahingehend zu unterweisen, dass sie nicht in die Flamme schauen. Sollte jemand direkt in die Flamme schauen, so ist eine Beeinträchtigung des Sehvermögens für einige Minuten bis Stunden möglich. Dadurch ist mit einer Gefährdung bei der Teilnahme am Straßenverkehr zu rechnen.

**Bogenlampen**, wenn sie nur mit geschlossenem Gehäuse betrieben werden und niemand direkt in den Strahlengang schaut.

**LED-Lampen**; wenn folgendes beachtet wird:

LED Lampen müssen der DIN EN 62471 entsprechen und in Risikogruppen eingeordnet werden. Kleine Anzeigen-LEDs entsprechen in der Regel der Risikogruppe 0. Daher müssen sie nicht gekennzeichnet werden und es müssen keine Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Ab Risikogruppe 2 müssen Schutzmaßnahmen (Einweisung, Berücksichtigung bei der Versuchsplanung) getroffen werden. Eine Blendungsbeurteilung kann anhand der Leuchtdichte durchgeführt werden. Bei Leuchtdichten ab  $1000 \text{ cd/m}^2$  besteht eine Blendung mit ggf. Nachbildern und Einschränkung der Sehfähigkeit. Gebündelte Hochleistungs-LED-Scheinwerfer können  $3\,000\,000$  und mehr  $\text{cd/m}^2$  erreichen. Deshalb sollten diese LEDs nicht auf die Augen von Personen gerichtet werden.

**Gebündeltes Sonnenlicht**, wenn nicht in den Strahlengang geschaut wird, eine Unterweisung durchgeführt wird und Brand- und Verbrennungsgefahr beachtet werden.

**Brennöfen**, wenn sich während des Brennvorgangs keine Personen im Gefahrenbereich (ein bis zwei Meter) dauerhaft aufhalten.

Brennöfen in Schulen heizen sich üblicherweise bis zu  $1500 \text{ °C}$  auf. Während des Betriebs bei geschlossener Tür werden die Grenzwerte der IR-Strahlung nur direkt an der Oberfläche überschritten. Wird die Tür fälschlicherweise während des Brennvorgangs geöffnet, werden die Expositionsgrenzwerte bis zu Bereichen von 2-3 m um den Ofen herum überschritten. Deshalb darf kein brennbares oder explosives Material im Bereich bis 3 m um die Öfen herum stehen. Ferner dürfen nur unterwiesene Personen den Ofen in Betrieb und außer Betrieb nehmen. Arbeitsplätze müssen mindestens 3 m vom Ofen entfernt sein. Anmerkung: Die Leistungen reichen bis zu  $20000 \text{ W/m}^2$  in 1 m Entfernung bei einer geöffneten Tür; hierbei schaltet der Ofen zwar in der Regel ab, aber die noch vorhandene Wärme strahlt noch einige Sekunden (typisch 30- 100s) intensiv weiter.

**IR-Lampen** werden typischer Weise auch zu medizinischen Zwecken bis  $250 \text{ W}$  eingesetzt. Die Expositionsgrenzwerte können in einer Entfernung bis zu 50 cm zwar über-

schritten werden, eine entsprechende Unterweisung reicht aber. Hinsichtlich des Brandschutzes sollten auch hierbei brennbare Teile mindestens 1 m um die Quelle herum entfernt werden, ohne Aufsicht dürfen diese Lampen nicht betrieben werden.

## II – 4.3.3 Gefährdungsbeurteilung

Vor Aufnahme einer Tätigkeit mit optischer Strahlung ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Siehe auch I – 0.

Für die Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler ist in jedem Fall eine Gefährdung gegeben, wenn die Expositionsgrenzwerte nach I – 10.1.5 überschritten werden. Die Schulleiterin und der Schulleiter können sich die notwendigen Informationen beim Hersteller oder Inverkehrbringer der verwendeten Arbeitsmittel oder mit Hilfe anderer ohne weiteres zugänglicher Quellen beschaffen.

Hinweis: Für neu gekaufte inkohärente optische Strahlungsquellen muss der Hersteller oder Inverkehrbringer eine Risikobewertung nach DIN EN 62 471 vorlegen. (Für Laser siehe I – 10.1.5). Lässt sich nicht sicher feststellen, ob die Expositionsgrenzwerte nach I – 10.1.5 eingehalten werden, hat die Schulleiterin oder der Schulleiter den Umfang der Exposition durch Berechnungen oder Messungen festzustellen oder feststellen zu lassen.

Hinweis: Gefahr durch Laserdioden in CD-Laufwerken, wenn die Laufwerke geöffnet werden. Sie sind nur im eingebauten Zustand Klasse 1.

Wichtige Hinweise zu Laserklassen siehe III – 5.

### **Einschub zu III – 5 Künstliche optische Strahlung (Auszug)**

**Im Folgenden sind die Definitionen aller Laserklassen aufgeführt:**

#### **Klasse 1:**

Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.

#### **Anmerkung:**

Die „vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen“ sind beim bestimmungsgemäßen Betrieb eingehalten.

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 1 können im oberen Leistungsbereich z. B. Blendung, Beeinträchtigung des Farbsehens und Belästigungen nicht ausgeschlossen werden.

#### **Klasse 1M:**

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm. Die zugängliche Laserstrahlung ist für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope verkleinert wird.

#### **Anmerkung:**

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 1M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten.

#### **Klasse 2:**

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1.

**Anmerkung:**

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 ist das Auge bei zufälliger, kurzzeitiger Einwirkung der Laserstrahlung, d. h. bei Einwirkungsdauer bis 0,25 s nicht gefährdet. Laser-einrichtungen der Klasse 2 dürfen deshalb ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass weder ein absichtliches Hineinschauen für die Anwendung über längere Zeit als 0,25 s, noch wiederholtes Hineinschauen in die

Laserstrahlung bzw. spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist. Von dem Vorhandensein des Lidschlussreflexes oder von anderen Abwendungsreaktionen zum Schutz der Augen darf in der Regel nicht ausgegangen werden.

Daher sollte man, falls Laserstrahlung der Klasse 2 ins Auge trifft, bewusst die Augen schließen und sich sofort abwenden. (siehe auch BGI 5092) Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS)  $P_{\text{Grenz}} = 1 \text{ mW}$  (bei  $C_6 = 1$ ).

**Klasse 2M:**

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope, verkleinert wird. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1M.

**Anmerkung:**

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 2M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten.

**Klasse 3A:**

Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlquerschnitt durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope, verkleinert wird. Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 - 700 nm) bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.

**Anmerkung:**

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A handelt es sich um Laser, die nach der Norm/DIN EN 60825-1:1997 oder früher klassifiziert worden sind. Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Wellenlängenbereich emittieren, können behandelt werden wie solche der Klasse 2M. Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht sichtbaren Spektralbereich emittieren, können behandelt werden wie solche der Klasse 1M. Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Spektralbereich emittieren, eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2. Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht sichtbaren Spektralbereich emittieren, besteht eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

**Klasse 3R:**

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 106 nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm und das Fünffache des Grenzwertes der Klasse 1 für andere Wellenlängen.

**Anmerkung:**

Lasereinrichtungen der Klasse 3R sind für das Auge potenziell gefährlich wie Lasereinrichtungen der Klasse 3B. Das Risiko eines Augenschadens wird dadurch verringert, dass der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) im sichtbaren

Wellenlängenbereich auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 2, in den übrigen Wellenlängenbereichen auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 1 begrenzt ist.

Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 3R beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS)  $P_{\text{grenz}} = 5 \text{ mW}$  im Wellenlängenbereich 400 - 700 nm.

#### **Klasse 3B:**

Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.

#### **Anmerkung:**

Das direkte Blicken in den Strahl bei Lasern der Klasse 3B ist gefährlich. Ein Strahlbündel kann üblicherweise sicher über einen idealeren diffusen Reflektor betrachtet werden, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- Der minimale Beobachtungsabstand zwischen diffusem Reflektor und Hornhaut des Auges beträgt 13 cm,
- die maximale Beobachtungsdauer beträgt 10 s,
- keine gerichteten Strahlanteile können ins Auge treffen.
- Bei vielen Diffusoren ist mit gerichteten Strahlanteilen zu rechnen. Eine Gefährdung der Haut durch die zugängliche Laserstrahlung besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3B, wenn die Werte der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) der Haut nach Anhang 2 überschritten werden.

#### **Klasse 4:**

Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- und Explosionsgefahr verursachen.

#### **Anmerkung:**

Lasereinrichtungen der Klasse 4 sind Hochleistungslaser, deren Ausgangsleistungen bzw. -energien die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 3B übertreffen. Die Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 ist so intensiv, dass bei jeglicher Art von Exposition der Augen oder der Haut mit Schädigungen zu rechnen ist. Außerdem muss bei der Anwendung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 immer geprüft werden, ob ausreichende Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren getroffen sind; siehe auch §§ 10 und 16.

## **II – 4.4 Elektrizitätslehre**

Neben den Hinweisen aus II – 1.8 (Elektrische Einrichtungen) werden hier weitere Empfehlungen gegeben.

### **Schaltungsaufbau und –abbau**

Zu den Versuchen stets die geeigneten Geräte verwenden, bei Bauteilen (z. B. Widerständen, Schaltern, Experimentierkabeln) die maximale Belastbarkeit, bei Kondensatoren die Nennspannung, bei Messgeräten die Stromart und den Messbereich beachten. Die Versuchsanordnung möglichst übersichtlich aufbauen.

Nach Anlegen der Betriebsspannung Schaltung nicht mehr berühren. Falls ausnahmsweise in die unter Spannung stehende Schaltung hineingegriffen werden muss, hierfür nur eine Hand verwenden, die andere auf den Rücken legen. I. d. R. ist in solchen Fällen vor der Veränderung der Versuchsanordnung die Spannung abzuschalten.

Die Schülerinnen und Schüler darauf hinweisen, dass Bananenstecker nie in Netzsteckdosen gesteckt werden dürfen.

Nach jedem abgeschlossenen Experiment die Spannung sofort abschalten, Kabelverbindungen zuerst an der Spannungsquelle lösen.

Beim Abräumen von elektrischen Geräten auf eventuell noch bestehende Kabel- oder Netzanschlussverbindungen achten.

## **Elektromagnete**

Beim Heben von Lasten mit einem Elektromagneten auf Gefahren durch Stromunterbrechung achten.

## **Kondensatoren**

Vorsicht beim Aufladen von Kondensatoren über 60 V Nennspannung; auch Spannungsquellen mit Strombegrenzung auf wenige Milliampere können zu gefährlichen Aufladungen führen.

Kondensatoren vor dem Versuchsabbau entladen. Bei Elektrolyt-Kondensatoren auf richtige Polung achten, keine zu hohe Spannung anlegen (Zerstörung der Isolierschicht, Explosionsgefahr). Diese Kondensatoren mit aktivierter Entladevorrichtung aufbewahren.

## **Aufgehobene oder fehlende Schutzerdung**

Besondere Vorsicht bei Experimenten, bei denen die Schutzerdung eines Gerätes aus messtechnischen Gründen aufgehoben wurde.

Geräte mit leitender Oberfläche ohne Schutzleiteranschluss (z. B. Oszilloskope mit Metallgehäuse) können in diesen Versuchsanordnungen mit berührbaren leitenden Teilen zu Gefährdungen führen.

Beim Messen von Sekundärspannungen an einem Trenntransformator darauf achten, dass die Sekundärspannung nicht wieder über den Masseanschluss des Messkabels geerdet wird.

## **Transformatoren**

Durch Aufbautransformatoren erzeugte Hochspannung ist gefährlich, insbesondere dann, wenn die Primärspannung dem Netz entnommen wird.

Das Vorhandensein eines RCD (FI-Schutzschalter) in der ortsfesten Installation reicht nicht aus, da dieser bei Verwendung eines Transformators zwar im Primärkreis, nicht aber im hier benutzten Sekundärkreis wirksam ist.

Bei Experimenten mit Hochspannung Warnhinweis 28 aufstellen.

Schülerinnen und Schüler außerhalb des Gefahrenbereichs halten.

Dreiphasen-Spannung 400 V ("Drehstrom") nur für den Betrieb von Drehstromgeräten bzw. Drehstromnetzgeräten verwenden.

Experimentiereinrichtungen mit berührbaren Teilen nicht unmittelbar an das Drehstromnetz anschließen, sondern nur mit berührungsungefährlichen Sekundärspannungen durchführen.

## **Akkumulatoren und Batterien**

Beim Laden Akkumulatoren so unterbringen, dass die entstehenden Gase durch natürliche oder künstliche Belüftung so verdünnt werden, dass kein explosionsfähiges Gasgemisch entsteht.

Primärbatterien nicht laden (Explosionsgefahr).

In Serie geschaltete Akkumulatoren so laden bzw. verwenden, dass jede Zelle den gleichen Entlade- bzw. Ladezustand besitzt; Zellen gleichen Typs und gleichen Alters verwenden. Beim Laden von Akkumulatoren Bedienungsanleitung des Herstellers beachten; passende Ladegeräte verwenden.

Überschreitung der zulässigen Ladestromstärke und Ladezeit vermeiden.

Unbrauchbare Batterien (soweit quecksilber- bzw. schwermetallhaltig) sowie Akkumulatoren sachgerecht entsorgen.

## **II – 4.5 Umgang mit radioaktiven Stoffen und dem Schulröntengerät**

Siehe Anhang „Strahlenschutz“: Textstellen in kursiver Schrift.

Für Rückfragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.