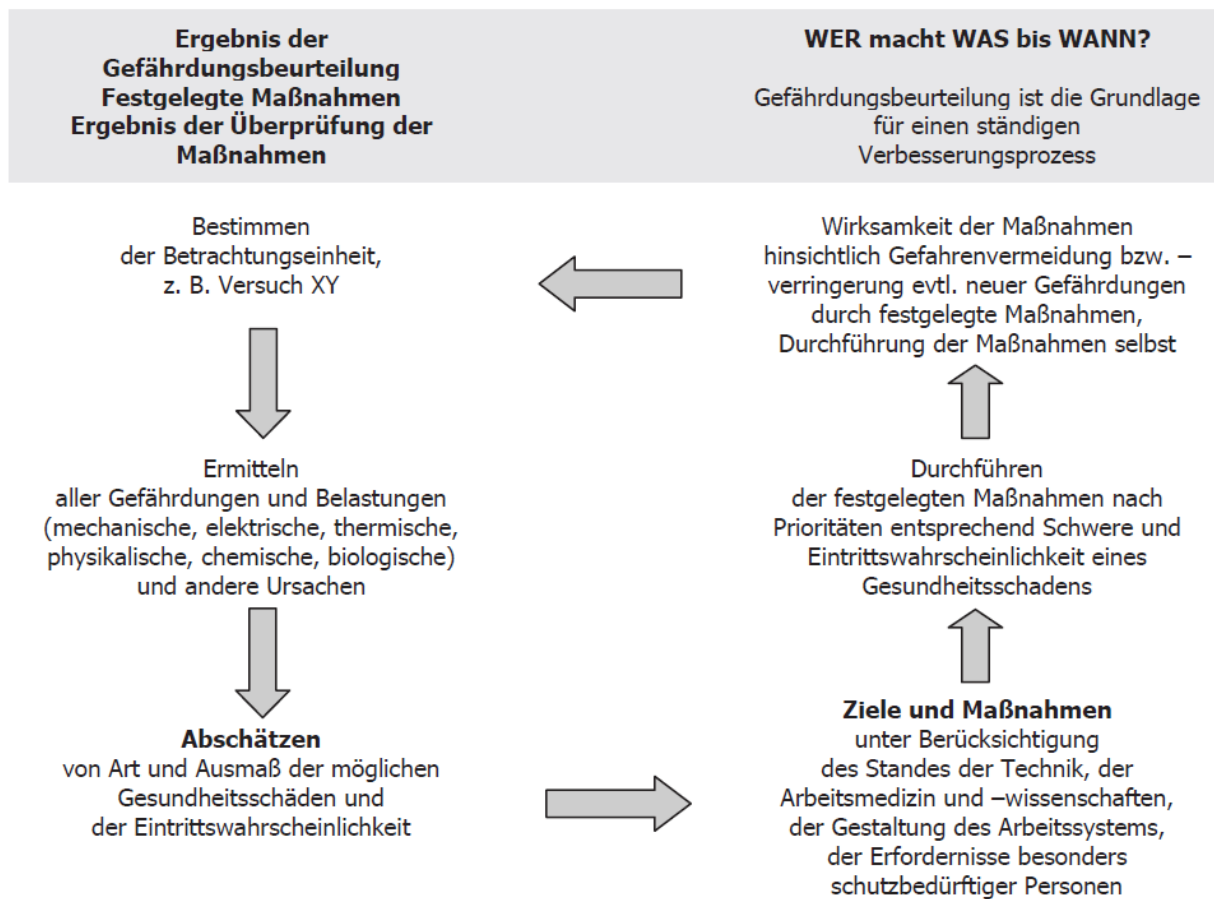


## Hinweise und Hilfen zur Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen:

Bei der Durchführung von Experimenten sind die Vorgaben der RISU-NRW sowie die Bestimmungen der einschlägigen Sicherheitsverordnungen (Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung, VDE- und Unfallverhütungsvorschriften) zu beachten. Im Vorfeld des Unterrichts ist es zwingend, eine auf den konkreten Versuch, die Bedingungen in der (eigenen) Schule und die (jeweilige) Lerngruppe zugeschnittene Gefährdungsbeurteilung zu erstellen.

Zum Erstellen einer Gefährdungsbeurteilung wird in der RISU das folgende Schema vorgestellt:



Nachfolgend werden zu den sicherheitsrelevanten Aspekten und zu entsprechenden Schutzmaßnahmen einige Hinweise und Hilfen gegeben.

### 1. Hinweise zu wichtigen Sicherheitsaspekten bei mechanischen Aufbauten:

- Schwere Versuchsgeräte (z. B. Stativaufbauten, Netz- oder Messgeräte oder z. B. auch Demonstrationsaufbautransformatoren oder Experimentiermotoren) können aufgrund ihres Eigengewichts beim Umfallen oder bei einem Fall vom Experimentiertisch zu Verletzungen führen. Daher ist für angemessene Kippsicherheit und eventuell für eine Fixierung schwerer Aufbauteile am Experimentiertisch zu sorgen (Verwendung von Tischklemmen, Randbegrenzungen usw.).
- Bei Versuchsaufbauten dürfen (z. B.) Stativstangen, dünne Rohre oder sonstige Stäbe oder spitze Gegenstände nicht über den eigentlichen Versuchsaufbau hinaus und somit in den Bewegungsbereich von Personen hinein ragen, da ansonsten die Gefahr von Stoß- bzw. Stichverletzungen besteht. Gleiches gilt z. B. auch für dünne Metallplatten. Kann bei einem Versuchsaufbau auf entsprechende Aufbauteile nicht verzichtet

werden, so sind diese angemessen dick und weich zu polstern / zu verkleiden. Insbesondere ist ein hinreichender Schutz der Augen sicherzustellen.

- c) Rotierende Teile in Versuchsaufbauten sind stets so zu befestigen, dass sie sich im Betrieb nicht lösen können und somit nicht unkontrolliert in den Unterrichtsraum fliegen und zu Verletzungen von Personen führen können. Zudem ist z. B. durch geeignete Schutzabdeckungen sicherzustellen, dass z. B. keine Kopfhaare oder Kleidungsstücke erfasst werden können.

Schutzmaßnahmen gemäß der in a bis c angesprochenen Gefahren sind stets auch unter besonderer Berücksichtigung individueller Fähigkeiten bzw. Beeinträchtigungen der anwesenden Personen zu ergreifen:

- Bewegungsbeeinträchtigte Personen, Personen mit motorischen Koordinationsstörungen oder Menschen mit „verzögertem“ Reaktionsvermögen können eventuell einer Gefahr nicht rechtzeitig ausweichen.
- Personen mit einer Beeinträchtigung des Seh- oder Hörvermögens benötigen eventuell deutliche und für sie gut wahrnehmbare Warnhinweise, z. B. auch symbolischer oder akustischer Art. Zudem ist sicherzustellen, dass auch Personen, die die Unterrichtssprache nicht oder nicht in hinreichendem Maße beherrschen, über alle Gefahren sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen informiert werden.
- Bei entsprechenden Beeinträchtigungen muss auch damit gerechnet werden, dass Warnhinweise und Anweisungen nicht oder nicht angemessen beachtet werden. Eine besonders aufmerksame oder sogar individuelle Aufsicht kann erforderlich sein.

## 2. Wichtige Sicherheitsaspekte beim Umgang mit elektrischer Energie:

- a) Beim Betrieb von Versuchs- und Messgeräten sowie von Computern, Projektoren und Audiogeräten mit Netzwechselspannung ist im Allgemeinen **dann nicht** von einer unzulässigen Gefährdung auszugehen, wenn die verbindlichen Vorgaben der **RISU - NRW** eingehalten werden:

- Ausschließliche Verwendung von Geräten, die in den vorgeschriebenen Zeitintervallen (von einer Elektrofachkraft) auf elektrische Sicherheit geprüft wurden.
- Sicht- und Tastkontrolle der Netzanschlusskabel vor jeder Inbetriebnahme / Verwendung sowie Sichtkontrolle auf äußere Beschädigungen der Geräte durch die Fachlehrkraft. (Hinweis: Selbst kleine Schäden an der Isolation eines Kabels können schnell und zuverlässig festgestellt / ertastet werden, wenn das betreffende Kabel der Länge nach zwischen den gekrümmten Fingern und dem Daumen einer Hand hindurchgezogen wird.)
- Ausschließlicher Betrieb aller Versuchsanordnungen an zugelassenen und in den vorgeschriebenen Zeitintervallen (von einer Elektrofachkraft) überprüften Experimentierständen (mit Notausschaltern, Fehlerstromschutzschaltern sowie den vorschriftsmäßig installierten Schutzleitern).

- b) Beim Umgang mit **elektrischer Energie im Hochspannungsbereich** sind zusätzlich zu den Hinweisen unter 2 a) folgende sicherheitsrelevante Aspekte zu berücksichtigen:

- Es dürfen (im Allgemeinen) nur für den Schulunterricht zugelassene Hochspannungsquellen mit hinreichender Leistungsbegrenzung verwendet werden.

- Alle elektrischen Verbindungen zwischen einer Hochspannungsquelle und einem Versuchsgerät müssen (im Allgemeinen) mit berührungssicheren Leitungen (erforderlichenfalls sogar mit Hochspannungskabeln) hergestellt werden.
- Gefahrenwarnschilder „**Vorsicht – Hochspannung!**“ sind gut sichtbar zu platzieren.
- Wenn im Einzelfall ein Anschluss mit berührungssicheren Hochspannungskabeln (bauartbedingt) nicht möglich ist - z. B. bei bestimmten Elektronenstrahlröhren (selbst neuerer Bauart) - oder wenn spannungsführende Teile einer Versuchsausrüstung nicht isoliert sind und nicht isoliert werden können - z. B. ein Demonstrationsplattenkondensator (beim Millikan-Modellversuch) - , sind ganz besondere Vorsicht, eine vorausschauende Planung des Aufbaus sowie eine sehr sorgfältige Versuchsdurchführung geboten. Insbesondere sollen:
  - Die Hochspannung nur während der eigentlichen Versuchsdurchführung eingeschaltet sein,
  - jeglicher Auf- oder Umbau des Versuchs sowie eine eventuelle Feinjustierung nur in spannungsfreiem und ggf. entladem Zustand erfolgen,
  - alle Personen (außer erforderlichenfalls der experimentierenden Lehrkraft) einen hinreichenden Abstand vom Versuchsaufbau einhalten, damit ein spontanes / versehentliches Berühren spannungsführender Teile (z. B. um etwas zu zeigen) nicht erfolgen kann,
  - eine entsprechende vorherige Belehrung der Schülerinnen und Schüler erfolgen.

**Anmerkung zur möglichen Fehleinschätzung der Sicherheit, bei Verwendung von für den Schulunterricht zugelassenen Hochspannungsquellen mit / trotz hinreichender Leistungsbegrenzung:** Auch bei Verwendung entsprechender Geräte können bei sensiblen Personen oder solchen mit gewissen Vorerkrankungen durchaus heftige physiologische Reaktionen ausgelöst werden. Auf jeden Fall sollten die Gefahren, die die durch Schreck (oder sogar Schmerz) bedingten Bewegungen („Zurückzucken“) zur Folge haben können, nicht unterschätzt werden.

- c) **Große Vor- und Umsicht beim Experimentieren ist auch geboten**, wenn im Ausnahmefall mit hoher Spannung (also mit nicht berührungssicherer Kleinspannung) gearbeitet wird und wenn die entsprechende Spannungsquelle einen kleinen Innenwiderstand hat und zudem spannungsführende Teile im Versuchsaufbau werksseitig nicht VDE-gerecht schutzisoliert sind.

**Zusätzlich zu den unter a) und b) thematisierten Sicherheitsaspekten ist bei solchen Versuchen (z. B. beim Modellversuch zu Freileitungen) unbedingt zu beachten:**

- Ein solcher Versuch darf **nur als Lehrerversuch** durchgeführt werden!
- Eine **besonders sorgfältige Gefährdungsbeurteilung** muss erfolgen.
- Alle nicht isolierten Leiter sind so im Raum zu platzieren (z. B. in größerer Höhe anzubringen) und „abzudecken“ (z. B. Plexiglasrohre), dass ein **unbeabsichtigtes Berühren ausgeschlossen** ist!
- Entsprechende Hinweis- und Warnschilder sind aufzustellen.

- **Auf die besonderen Gefahren** durch den nicht VDE gerechten (und nur in Forschung und Lehre zulässigen) Aufbau **muss im Unterricht** (auch mit Blick auf Motivation und nachhaltigen Kompetenzerwerb) **nachdrücklich eingegangen werden!** Dabei soll aufgezeigt werden, dass die Entscheidung für ein solches Experiment die Möglichkeit bietet, exemplarisch und in einer Realsituation, den wohlüberlegten Umgang mit einer Gefahrensituation zu erleben und einzuüben.
- Umbauten während der Versuchsdurchführung müssen aus Sicherheitsgründen unterbleiben oder nur nach gewissenhafter Abschaltung der gesamten Elektrik der Versuchsanordnung erfolgen.

Schutzmaßnahmen gemäß der in a bis c angesprochenen Gefahren sind stets auch unter besonderer Berücksichtigung individueller Fähigkeiten bzw. Beeinträchtigungen der anwesenden Personen zu ergreifen:

- Bewegungsbeeinträchtigte Personen, Personen mit motorischen Koordinationsstörungen oder Menschen mit „verzögertem“ Reaktionsvermögen können eventuell einer Gefahr nicht rechtzeitig ausweichen.
- Personen mit einer Beeinträchtigung des Seh- oder Hörvermögens benötigen eventuell deutliche und für sie gut wahrnehmbare Warnhinweise, z. B. auch symbolischer oder akustischer Art. Zudem ist sicherzustellen, dass auch Personen, die die Unterrichtssprache nicht oder nicht in hinreichendem Maße beherrschen, über alle Gefahren sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen informiert werden.
- Bei entsprechenden Beeinträchtigungen muss auch damit gerechnet werden, dass Warnhinweise und Anweisungen nicht oder nicht angemessen beachtet werden. Eine besonders aufmerksame oder sogar individuelle Aufsicht kann erforderlich sein.

### 3. Hinweise zum sicheren Umgang mit (auch „versteckten“) Wärmequellen:

- Beim **Betrieb** von (z. B.) **Netzgeräten** können die Kühlkörper für die Leistungstransistoren der Regelelektronik sehr heiß werden. Teilweise werden aber auch Stromleitungen oder z. B. auch **Spulen** (auch die Helmholtzspulen) recht heiß. **Insbesondere** beim „**Hochstrom - Transformator**“ werden die Sekundärspule sowie das „zu schmelzende Objekt“ (z. B. Nagel) **extrem heiß**. - Hier besteht eine nicht zu vernachlässigende Verbrennungsgefahr.  
Deutliche Warnhinweise, eine zeitliche Begrenzung der Einschaltdauer (wenn möglich) sowie eventuell mechanisch / thermische Abdeckungen heißer Teile des Versuchsaufbaus können geeignete Schutzmaßnahmen sein.
- Glühlampen und **insbesondere Quecksilberdampf lampen** - sowie fast immer auch die Lampengehäuse und die Lampenfassungen - werden im Betrieb sehr heiß. Auch hier bestehen Verbrennungsgefahren. Warnhinweise und geeignete Abschirmungen heißer Teile sind geeignete Schutzmaßnahmen.
- Die Außenhülle des **Franck-Hertz-Ofens** sowie das erforderliche Thermometer werden ebenfalls sehr heiß. Gleiches gilt selbstverständlich für offene Flammen (z. B. beim Versuch zur Flammenfärbung). Hier besteht zudem, insbesondere bei Verwendung von „nichtleuchtenden“ Brennerflammen, die Gefahr der Brandentstehung. Bei jeder Nichtverwendung / Versuchsunterbrechung sollten Brenner zumindest mit leuchtender

Flamme betrieben, besser sogar ganz abgeschaltet werden. Zur eventuell erforderlichen Bekämpfung von Entstehungsbränden sind geeignete Feuerlöschgeräte in unmittelbarer Nähe zum Versuch bereitzuhalten. Es ist zudem unbedingt darauf zu achten, dass am Experiment arbeitende Personen nicht mit Haaren oder Kleidungsstücken einer offenen Flamme zu nahe kommen. (Haare zusammen- / zurückbinden, weite Kleidung vermeiden, z. B. Hemden oder Blusenärmel aufkrepeln.) Kunststoff- und Baumwollbekleidung geraten, verglichen mit Wollstoffen, sehr leicht in Brand; bei brennender Kunstfaserkleidung besteht zudem die Gefahr einer Verklebung der geschmolzenen Kunststoffe mit der Haut. Zur Kühlung kleiner Brandverletzungen eignet sich sehr gut sauberes fließendes (kaltes) Wasser.

Schutzmaßnahmen gemäß der in a bis c angesprochenen Gefahren sind stets auch unter besonderer Berücksichtigung individueller Fähigkeiten bzw. Beeinträchtigungen der anwesenden Personen zu ergreifen:

- Bewegungsbeeinträchtigte Personen, Personen mit motorischen Koordinationsstörungen oder Menschen mit „verzögertem“ Reaktionsvermögen können eventuell einer Gefahr nicht rechtzeitig ausweichen.
- Personen mit einer Beeinträchtigung des Seh- oder Hörvermögens benötigen eventuell deutliche und für sie gut wahrnehmbare Warnhinweise, z. B. auch symbolischer oder akustischer Art. Zudem ist sicherzustellen, dass auch Personen, die die Unterrichtssprache nicht oder nicht in hinreichendem Maße beherrschen, über alle Gefahren sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen informiert werden.
- Bei entsprechenden Beeinträchtigungen muss auch damit gerechnet werden, dass Warnhinweise und Anweisungen nicht oder nicht angemessen beachtet werden. Eine besonders aufmerksame oder sogar individuelle Aufsicht kann erforderlich sein.

#### 4. Sicherheitshinweise bezüglich der Verwendung (intensiver) optischer Strahlung:

a) Zum Schutz der Augen ist **beim Umgang mit Laserlichtquellen besondere Vor- und Umsicht geboten!** Die entsprechenden Vorschriften der RISU-NRW sind unbedingt zu beachten. Im Folgenden sind daher die relevanten Auszüge (kursiv) wiedergegeben:

- „ . . . Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung **hat die Schulleiterin oder der Schulleiter die erforderlichen Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik festzulegen** . . . . Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Diese Forderung gilt insbesondere bei maßgeblichen Veränderungen der Arbeitsbedingungen. . . .“
- Für Laser gelten die Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung (BGV/GUV-V B2). . . . . **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 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, 2, 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.***
- b) **Die im Schulphysikunterricht verwendeten Quecksilberdampflampen besitzen eine sehr hohe Leuchtdichte, zudem emittieren sie stets eine sehr intensive UV-Strahlung.** Daher muss unbedingt dafür gesorgt werden, dass keine der anwesenden Personen (auch nicht kurzzeitig) - unmittelbar oder auch nach Reflexion an glatten Flächen - dem Licht der Lampe ausgesetzt ist. Insbesondere ist dafür Sorge zu tragen, dass **ein Blick in das Licht / in den Strahlkegel (direkt oder nach Reflexion) unmöglich ist**, da bei versehentlicher (auch nur kurzer) Bestrahlung der Augen schwere Augenschäden zu befürchten sind. Die Lampe muss also nach allen Seiten sicher von einem lichtdichten Gehäuse (auch UV-Licht) umschlossen sein. Daher sollten **ausschließlich Quecksilberdampflampen, welche speziell für den Schulunterricht hergestellt und zugelassen sind**, verwendet werden. Lediglich die relativ kleine Lichtaustrittsöffnung bleibt frei und stets auf das Experiment ausgerichtet. Zum Schutz vor diffus reflektierter Strahlung sollte zusätzlich eine geeignete Glasscheibe zwischen dem Experiment und den Beobachtern so aufgestellt werden, dass zudem eine Gefährdung der Beobachter durch Glasbruch ebenfalls ausgeschlossen ist. Dass das Licht der Quecksilberdampflampe beim Hallwachsversuch auch an der Zinkplatte reflektiert wird, sollte beachtet werden. Ein Gefahrenwarnschilder „**Vorsicht – Strahlung!**“ ist gut sichtbar zu platzieren.
- c) Bei der Verwendung moderner LED (bzw. auch Halogenleuchten) sind wegen der ebenfalls teilweise hohen Leuchtdichten in analoger Weise Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, wie sie bereits für die Verwendung von Lasern bzw. der Quecksilberdampflampe beschrieben wurden. Auch bei der experimentellen Nutzung der natürlichen Sonnenstrahlung ist entsprechend zu verfahren.

Schutzmaßnahmen gemäß der in a bis c angesprochenen Gefahren sind stets auch unter besonderer Berücksichtigung individueller Fähigkeiten bzw. Beeinträchtigungen der anwesenden Personen zu ergreifen:

- Bewegungsbeeinträchtigte Personen, Personen mit motorischen Koordinationsstörungen oder Menschen mit „verzögertem“ Reaktionsvermögen können eventuell einer Gefahr nicht rechtzeitig ausweichen.
- Personen mit einer Beeinträchtigung des Seh- oder Hörvermögens benötigen eventuell deutliche und für sie gut wahrnehmbare Warnhinweise, z. B. auch symbolischer oder akustischer Art. Zudem ist sicherzustellen, dass auch Personen, die die Unterrichtssprache nicht oder nicht in hinreichendem Maße beherrschen, über alle Gefahren sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen informiert werden.

- Bei entsprechenden Beeinträchtigungen muss auch damit gerechnet werden, dass Warnhinweise und Anweisungen nicht oder nicht angemessen beachtet werden. Eine besonders aufmerksame oder sogar individuelle Aufsicht kann erforderlich sein.

## 5. Sicherheitshinweise zu Versuchen mit ionisierender Strahlung:

Grundsätzlich sind die Vorschriften der **RISU-NRW**, der **Strahlenschutzverordnung** und der **Röntgenverordnung** einzuhalten. Dies gilt im Rahmen der hier interessierenden 25 Schlüsselexperimente des GK-Physikunterrichts (gemäß KLP SII) insbesondere für den Einsatz einer **Schulröntgeneinrichtung in Versuch 20** (Charakteristische Röntgenstrahlung) sowie bei der Durchführung von **Versuch 21 (Absorptionsexperimente)**. Zusätzlich sind die Regelungen der Röntgenverordnung zum **Betrieb von Störstrahlern** (evakuierte Elektronenstrahlröhren) zu beachten.

**Da alle in diesem Zusammenhang tätigen Lehrkräfte zumindest fachkundig und beim Betrieb einer Schulröntgeneinrichtung sogar Strahlenschutzbeauftragte sein müssen, soll hier lediglich noch einmal an die wichtigsten verbindlichen Regelungen erinnert werden:**

- a) Mit radioaktiven Vorrichtungen dürfen nur Personen umgehen, die dafür vom Strahlenschutzbeauftragten bestimmt wurden und eine entsprechende Belehrung oder Unterweisung erhalten haben. Es dürfen nur bauartzugelassene radioaktive Präparate verwendet werden. Offene radioaktive Stoffe oberhalb der Freigrenze dürfen gar nicht verwendet werden, ein Einsatz solcher Stoffe unterhalb der Freigrenze sollte allerdings ebenfalls vermieden werden!
- b) Die radioaktiven Vorrichtungen sind vor Verwendung einer Sichtkontrolle auf Beschädigung zu unterziehen. Es ist u. a. auf Deformation, Risse, Kratzer, poröse Stellen oder Korrosion zu achten. Es dürfen keine Veränderungen an der Umhüllung der radioaktiven Vorrichtung vorgenommen werden. Die Hülle ist gegen Beschädigung sorgfältig zu schützen. Ein beschädigter Strahler darf nicht mehr verwendet werden. Besteht auch nur der Verdacht auf Beschädigung oder Undichtheit (oder hat eine vorgeschriebene Dichtigkeitsprüfung nicht stattgefunden), so ist die radioaktive Vorrichtung nicht mehr zu verwenden und der Strahlenschutzverantwortliche unverzüglich zu informieren.
- c) Röntgeneinrichtungen dürfen im Schulunterricht nur betrieben werden, wenn sie eine Zulassung als Schulröntgeneinrichtung besitzen. Für Störstrahler gilt eine Grenzenergie von maximal fünf Kiloelektronvolt für die beschleunigten Elektronen.
- d) An Schulröntgeneinrichtungen dürfen keinerlei Geräteveränderungen vorgenommen werden, die vom Hersteller vorgesehenen maximalen Betriebsbedingungen sind einzuhalten. Eine Unversehrtheits- und Funktionsprüfung ist vor jeder Inbetriebnahme des Röntgengerätes vorzunehmen. In Zeitabständen von längstens 5 Jahren ist es von einem Sachverständigen zu überprüfen.
- e) Schüler dürfen nur in Anwesenheit und unter Aufsicht eines Strahlenschutzbeauftragten mit dem Röntgengerät arbeiten. Ein Zugriff durch Unbefugte ist zu verhindern.
- f) Es ist darauf hinzuweisen, dass im Falle einer bestehenden Schwangerschaft einer der anwesenden Schülerinnen oder der Lehrerin die Röntgenanlage nicht betrieben werden darf, bzw. diese Person den Raum bei Betrieb verlassen muss. Die Schule sollte ein Verfahren der Anzeige der Schwangerschaft über die Schulleitung entwickeln, damit Vertraulichkeit zu gewährleisten ist.

Schutzmaßnahmen gemäß der in a bis f angesprochenen Regelungen sind stets auch unter besonderer Berücksichtigung individueller Fähigkeiten bzw. Beeinträchtigungen der anwesenden Personen zu ergreifen:

- Bewegungsbeeinträchtigte Personen, Personen mit motorischen Koordinationsstörungen oder Menschen mit „verzögertem“ Reaktionsvermögen können eventuell einer Gefahr nicht rechtzeitig ausweichen, eventuell sind sie auch nicht in der Lage, an Experimenten mitzuwirken, die ein höheres Maß an feinmotorischen Fähigkeiten erfordern.
- Personen mit einer Beeinträchtigung des Seh- oder Hörvermögens benötigen eventuell deutliche und für sie gut wahrnehmbare Warnhinweise, z. B. auch symbolischer oder akustischer Art. Zudem ist sicherzustellen, dass auch Personen, die die Unterrichtssprache nicht oder nicht in hinreichendem Maße beherrschen, über alle Gefahren sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen informiert werden.
- Bei entsprechenden Beeinträchtigungen muss auch damit gerechnet werden, dass Warnhinweise und Anweisungen nicht oder nicht angemessen beachtet werden. Eine besonders aufmerksame oder sogar individuelle Aufsicht kann erforderlich sein.

## 6. Weitere Hinweise zu sicherheitsrelevanten Aspekten einzelner Versuche:

- a) Da beim Bruch (insbesondere der heißen) **Quecksilberdampflampe** gesundheitsschädlicher Schwermetaldampf in den Unterrichtsraum gelangt, ist jede nicht bestimmungsgemäße mechanische Beanspruchung der Lampe zu vermeiden. Es sollten nur speziell für den Schulphysikunterricht hergestellte und zugelassene Lampen verwendet werden. Sollte es trotz aller Vorsichtsmaßnahmen zu einem Bruch der Lampe kommen, müssen alle Personen den Unterrichtsraum verlassen. Das Quecksilber ist dann unter fachkundiger Anleitung des Gefahrstoff- und Sicherheitsbeauftragten (evtl. Hinweise bei Sachverständigen der Feuerwehr einholen) aus dem Raum zu entfernen.
- b) Der beim (vorsichtigen!) **Abschmirlgeln der Zinkplatte** (beim Hallwachsversuch) anfallende Zinkstaub ist zu sammeln und der Gefahrstoffentsorgung (z. B. über die Chemie) zuzuführen. Das Abschmirlgeln der Zinkplatte sollte vor dem Unterricht und außerhalb des Unterrichtsraums sowie ausschließlich durch die Lehrkraft erfolgen.
- c) Bei der Beobachtung von Wellen in der **Wellenwanne** kann möglicherweise eine Gefährdung auftreten, wenn ein **Stroboskop** eingesetzt wird, weil der eher seltene Fall nicht auszuschließen ist, dass entsprechend veranlagte Personen aufgrund des deutlichen Flimmerns mit Gesundheitsbeeinträchtigungen reagieren.
- d) Wird im Zusammenhang mit dem **Thomson'schen Ringversuch** die **Gauss-Kanone** thematisiert, ist (nicht nur im Unterricht) zu beachten, dass die Wechselspannungen dabei deutlich über dem Grenzwert liegen können! Das Experiment darf daher nur von der Lehrkraft ausgeführt werden. Deutliche Gefahrenhinweise müssen für den aus dem Unterricht möglicherweise angeregten, eigenständigen häuslichen Nachbau von Gauss-Kanonen gegeben werden. Hier besteht ein echtes Gefährdungspotential selbst bei nicht allzu großen Gauss-Kanonen – und es gibt Fangemeinden im Internet, die viele zusätzliche, leistungssteigernde Tricks bereithalten.
- e) Bei evakuierten (bzw. teilvakuierten) Glasgefäßen, z. B. Elektronenstrahlröhren oder Dewargefäßen, besteht bei einem Bruch der Außenhülle mit anschließender Implosion des Gerätes immer eine nicht zu vernachlässigende Verletzungsgefahr durch umher-



fliegende Glassplitter. Vorsichtige Handhabung und gegebenenfalls eine durchsichtige Schutzscheibe oder -abdeckung sind geeignet, diesen Gefahren vorzubeugen.

- f) Zur Sicherstellung einer vor- und umsichtigen sowie auch fachgerechten Verwendung bzw. Handhabung jeglicher Werkzeuge und Werkstoffe durch die Schülerinnen und Schüler sind stets entsprechende Sicherheitshinweise durch die Lehrkraft zu gegeben. Insbesondere Schnitt- und Stichverletzungen z. B. auch durch Glasbruch bei den Versuchen zur Reibungselektrik sind zu vermeiden, eventuell auch durch angemessene Schutzausrüstung.

Schutzmaßnahmen gemäß der in a bis f angesprochenen Regelungen sind stets auch unter besonderer Berücksichtigung individueller Fähigkeiten bzw. Beeinträchtigungen der anwesenden Personen zu ergreifen:

- Bewegungsbeeinträchtigte Personen, Personen mit motorischen Koordinationsstörungen oder Menschen mit „verzögertem“ Reaktionsvermögen können eventuell einer Gefahr nicht rechtzeitig ausweichen, eventuell sind sie auch nicht in der Lage, an Experimenten mitzuwirken, die ein höheres Maß an feinmotorischen Fähigkeiten erfordern.
- Personen mit einer Beeinträchtigung des Seh- oder Hörvermögens benötigen eventuell deutliche und für sie gut wahrnehmbare Warnhinweise, z. B. auch symbolischer oder akustischer Art. Zudem ist sicherzustellen, dass auch Personen, die die Unterrichtssprache nicht oder nicht in hinreichendem Maße beherrschen, über alle Gefahren sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen informiert werden.
- Bei entsprechenden Beeinträchtigungen muss auch damit gerechnet werden, dass Warnhinweise und Anweisungen nicht oder nicht angemessen beachtet werden. Eine besonders aufmerksame oder sogar individuelle Aufsicht kann erforderlich sein.

**Viele der angesprochenen Gefährdungsmöglichkeiten sind mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit versehen, eine Beachtung der Hinweise soll nicht den Einsatz von Experimenten verhindern, handelt es sich schließlich um das zentrale Objekt des Physikunterrichtes.**