

102-001

DGUV Regel 102-001



Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit Biostoffen im Unterricht

kommmitmensch ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Schulen des Fachbereichs Bildungseinrichtungen der DGUV

Ausgabe: September 2019

DGUV Regel 102-001
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungs-
träger oder unter www.dguv.de/publikationen

Bildnachweis

Titel, S. 7, 10: Alina555/stock.adobe.com; S. 6: AndreasReh/stock.adobe.com;
S. 11: busypix/stock.adobe.com; S. 14 © Alila Medical Images/stock.adobe.com; S. 16 © tonaquatic/stock.adobe.com

Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit Biostoffen im Unterricht



Regeln stellen bereichs-, arbeitsverfahrens- oder arbeitsplatzbezogenen Inhalte zusammen. Sie erläutern, mit welchen konkreten Präventionsmaßnahmen Pflichten zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren erfüllt werden können.

Regeln zeigen zudem dort, wo es keine Arbeitsschutz- oder Unfallverhütungsvorschriften gibt, Wege auf, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können. Darüber hinaus bündeln sie das Erfahrungswissen aus der Präventionsarbeit der Unfallversicherungsträger.

Aufgrund ihres besonderen Entstehungsverfahrens und ihrer inhaltlichen Ausrichtung auf konkrete betriebliche Abläufe oder Einsatzbereiche (Branchen-/Betriebsarten-/Bereichsorientierung) sind Regeln fachliche Empfehlungen zur Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheit. Sie haben einen hohen Praxisbezug und Erkenntniswert, werden von den beteiligten Kreisen mehrheitlich für erforderlich gehalten und können deshalb als geeignete Richtschnur für das betriebliche Präventionshandeln herangezogen werden. Eine Vermutungswirkung entsteht bei diesen Regeln nicht.

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
		Vorbemerkung	5
1		Anwendungsbereich	6
2		Begriffsbestimmungen	7
2.1		Biostoffe	7
2.2		Risikogruppe	7
2.3		Tätigkeiten	7
2.4		Gezielte Tätigkeiten	8
2.5		Nicht gezielte Tätigkeiten	8
2.6		Gentechnische Arbeiten im Sinne des Gentechnikgesetzes	8
2.7		Gentechnisch veränderter Organismus	8
2.8		Genetische Experimente	9
2.9		Schutzstufe	9
2.10		Kontamination	9
2.11		Sterilisation	9
2.12		Beschäftigte	9
2.13		Fachkunde	9
3		Pflichten der Schulleitung und Lehrkräfte ...	10
4		Gefährdungsbeurteilung	11
4.1		Allgemeine Grundsätze	11
4.2		Gefährdungen durch Biostoffe und Aufnahmewege	13
4.3		Ermitteln der Gefährdungen durch Biostoffe, Informationsbeschaffung	14
5		Schutzmaßnahmen	16
5.1		Allgemeine Grundsätze	16
5.2		Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 1	16
5.3		Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 2	18
		Anhang I Ablauf einer Gefährdungsbeurteilung nach BioStoffV	20
		Anhang II Praktische Beispiele einer Gefährdungsbeurteilung bei gezielten und nicht gezielten Tätigkeiten	21
		Anhang III Sammlung praktischer Versuche mit Biostoffen im Unterricht	25
		Anhang IV Musterbetriebsanweisungen	29
		Anhang V Häufig gestellte Fragen (FAQs)	34
		Anhang VI Hilfreiche Internet-Adressen	37
		Anhang VII Schülerlabore – Praktische Versuche mit biologischen Arbeitsstoffen	39
		Anhang VIII Literaturangaben	41

Vorbemerkung

An allgemeinbildenden Schulen und in den einschlägigen Ausbildungsgängen von beruflichen Schulen wird insbesondere im Biologieunterricht im Rahmen von praktischen Übungen und Experimenten mit biologischen Stoffen gearbeitet.

Biostoffe können beim Menschen Infektionen, sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen.

Die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) gilt auch für Lehrkräfte, sonstige Beschäftigte an Schulen sowie Schülerinnen und Schüler.

Mit der Biostoffverordnung sind u. a. Mikroorganismen (Bakterien, Pilze und Viren) sowie Zellkulturen pflanzlicher und tierischer Herkunft unter dem Begriff „Biostoffe“ zum Gegenstand von Arbeitsschutzvorschriften geworden.

Zur Konkretisierung der BioStoffV für den Schulbereich wurden die „Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit Biostoffen im Unterricht“ erarbeitet, im Folgenden nur „Regeln“ genannt. Ziel dieser Regeln ist es, den Schulen Empfehlungen an die Hand zu geben, welche der Schulleitung und den Lehrkräften sowie dem Sachkostenträger eine bedarfs- und praxisgerechte Umsetzung der Biostoffverordnung, des Gentechnikgesetzes und der Gentechnik-Sicherheitsverordnung unter besonderer Berücksichtigung der schulischen Belange ermöglichen. Praktische Beispiele sollen helfen, den Ablauf einer Gefährdungsbeurteilung verständlich zu machen.

1 Anwendungsbereich



Die Regeln finden Anwendung bei Tätigkeiten mit Biostoffen im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen, einschließlich der gymnasialen Oberstufe sowie für vergleichbare Fächer an beruflichen Schulen im dualen System.

Ziel dieser Regeln ist es, Empfehlungen zum Schutz der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte vor Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Biostoffen, wie der Durchführung von Experimenten im Unterricht, zu geben.

Diese Regel gilt nicht für Betriebspraktika und Schulen in Vollzeitform der biologischen, chemischen, medizinischen und pharmazeutischen Berufe sowie für vergleichbare Berufsbildungsgänge. Weiterhin gilt diese Regel nicht für Universitäts- und andere Hochschuleinrichtungen.

2 Begriffsbestimmungen



2.1 Biostoffe

Nach § 2 (1) BioStoffV sind biologische Arbeitsstoffe (Biostoffe) Mikroorganismen, Zellkulturen und Endoparasiten einschließlich ihrer gentechnisch veränderten Form, sowie mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie assoziierte Agentien (z. B. BSE), die den Menschen durch Infektionen, übertragbare Krankheiten, Toxinbildung, sensibilisierende oder sonstige die Gesundheit schädigende Wirkungen gefährden können. Den Biostoffen gleichgestellt sind Ektoparasiten, die beim Menschen eigenständige Erkrankungen verursachen oder sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen können sowie technisch hergestellte biologische Einheiten mit neuen Eigenschaften, die den Menschen in gleicher Weise gefährden können.

Erläuterung: Unter dem Begriff der humanpathogenen Endoparasiten werden mikroskopisch kleine tierische Einzeller (Protozoen) und zum Teil makroskopische Organismen, wie Würmer (z. B. Cestoda – Bandwürmer, Nematoda – Fadenwürmer, Trematoda – Saugwürmer) zusammengefasst, die in bestimmten Entwicklungsstadien im menschlichen Körper (Darm, Gewebe, Blut) schmarotzen.

2.2 Risikogruppe

Nach § 3 BioStoffV werden Biostoffe in Abhängigkeit des von ihnen ausgehenden Infektionsrisikos in vier Risikogruppen eingeteilt (Tabelle 1).

2.3 Tätigkeiten

Im Sinne der BioStoffV sind Tätigkeiten das Herstellen und Verwenden von Biostoffen, insbesondere

- das Isolieren, Erzeugen und Vermehren,
- das Aufschließen,
- das Gebrauchen und Verbrauchen,
- das Bearbeiten und Verarbeiten,
- das Abfüllen und Umfüllen,
- das Mischen und Abtrennen,
- das innerschulische Befördern,
- das Aufbewahren einschließlich Lagern sowie
- das Inaktivieren und Entsorgen.

Für die Schule bedeutet dies, dass es sich bei der Durchführung von Experimenten mit Mikroorganismen um Tätigkeiten mit Biostoffen gemäß BioStoffV handelt. Bei Experimenten mit menschlichen, tierischen oder

Tabelle 1 Risikogruppen nach § 3 BioStoffV

Risikogruppe (RG)	Erkrankung	Verbreitung in der Bevölkerung	Vorbeugung oder Behandlung
RG 1 z. B. <i>Escherichia coli</i> K12, <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	unwahrscheinlich	ohne Bedeutung	nicht erforderlich
RG 2 z. B. <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Salmonella Typhimurium</i>	möglich, Gefahr für Beschäftigte kann bestehen	unwahrscheinlich	normalerweise möglich
RG 3 z. B. <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , HIV (RG 3 ^{**})	schwere Krankheit möglich, ernste Gefahr für Beschäftigte kann bestehen	Gefahr kann bestehen	normalerweise möglich
RG 4 z. B. Ebola- und Lassa-Virus	schwere Krankheit, ernste Gefahr für Beschäftigte	Gefahr ist groß	normalerweise nicht möglich

(**) Einige Biostoffe werden in der Risikogruppe 3 mit zwei Sternchen versehen, wenn eine Infektion normalerweise nicht über den Luftweg erfolgen kann. Das Infektionsrisiko ist in diesen Fällen begrenzt. Die Einstufung erfolgt in Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA).

pflanzlichen Probenmaterialien sowie mit Umweltproben können Biostoffe ebenfalls eine Rolle spielen, so dass auch in diesen Fällen die BioStoffV zur Anwendung kommt.

Tätigkeiten nach der BioStoffV liegen nicht vor, wenn Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler biologischen Einwirkungen über die Raumluft ausgesetzt sind, die in keinem Zusammenhang mit den Experimenten stehen. In derartigen Fällen ist die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) heranzuziehen.

2.4 Gezielte Tätigkeiten

Nach § 2 (8) BioStoffV liegen gezielte Tätigkeiten vor, wenn

1. die Tätigkeiten auf einen oder mehrere Biostoffe unmittelbar ausgerichtet sind,
2. der Biostoff oder die Biostoffe mindestens der Spezies nach bekannt sind und
3. die Exposition der Beschäftigten im Normalbetrieb hinreichend bekannt oder abschätzbar ist.

2.5 Nicht gezielte Tätigkeiten

Nicht gezielte Tätigkeiten liegen vor, wenn mindestens eine der Voraussetzungen nach Abschnitt 2.4 nicht gegeben ist, das heißt z. B. der Biostoff der Spezies nach nicht bekannt oder das Experiment nicht unmittelbar auf den Biostoff bzw. dessen Vermehrung ausgerichtet ist.

2.6 Gentechnische Arbeiten im Sinne des Gentechnikgesetzes

Bei gentechnischen Arbeiten im Sinne des Gentechnikgesetzes handelt es sich um die Erzeugung, Verwendung, Vermehrung, Lagerung, Zerstörung oder Entsorgung sowie den innerschulischen Transport gentechnisch veränderter Organismen.

2.7 Gentechnisch veränderter Organismus

Ein Organismus, dessen genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie sie unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt, wird als gentechnisch veränderter Organismus bezeichnet.

2.8 Genetische Experimente

An Schulen werden insbesondere Versuche durchgeführt, die nicht als Verfahren der Veränderung genetischen Materials gelten und damit nicht unter das Gentechnikrecht fallen. Diese werden in dieser Regel als genetische Experimente bezeichnet.

Dazu zählen z. B.:

- natürliche Prozesse wie Transformation,
- Mutagenese,
- Selbstklonierung nicht pathogener, natürlich vorkommender Organismen, bestehend aus
 - a. der Entnahme von Nukleinsäuresequenzen aus Zellen eines Organismus,
 - b. der Wiedereinführung der gesamten oder eines Teils der Nukleinsäuresequenz (oder eines synthetischen Äquivalents) in Zellen derselben Art oder in Zellen phylogenetisch eng verwandter Arten, die genetisches Material durch natürliche physiologische Prozesse austauschen können, und
 - c. einer eventuell vorausgehenden enzymatischen oder mechanischen Behandlung. Zur Selbstklonierung kann auch die Anwendung von rekombinanten Vektoren zählen, wenn sie über lange Zeit sicher in diesem Organismus angewandt wurden.

2.9 Schutzstufe

Die Schutzstufen umfassen die baulichen, technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen, die für Tätigkeiten mit Biostoffen entsprechend ihrer Gefährdung zum Schutz der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte festgelegt oder empfohlen sind. Sie orientieren sich an der Risikogruppe des jeweiligen Biostoffs und sind ein Maßstab für die Höhe der Infektionsgefährdung einer Tätigkeit.

2.10 Kontamination

Kontamination ist die über die gesundheitlich unbedenkliche Grundbelastung hinausgehende Belastung des Arbeitsplatzes mit Biostoffen.

2.11 Sterilisation

Die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 100 beschreibt "Sterilisation" als die Abtötung aller vermehrungsfähigen Mikroorganismen einschließlich ihrer Dauerformen sowie die Inaktivierung von Viren durch physikalische oder chemische Verfahren.

Durch Sterilisation werden also z. B. Gegenstände, Einrichtungen, Stoffe keimfrei gemacht.

2.12 Beschäftigte

Zu den Beschäftigten in Schulen zählen Lehrkräfte und sonstige Personen (z. B. technische Assistentinnen und Assistenten). Schülerinnen und Schüler sind den Beschäftigten im Sinne der Biostoffverordnung (nach § 2 Abs. 9 BioStoffV) gleichgestellt.

2.13 Fachkunde

Die BioStoffV fordert eine Fachkunde für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von der Art der Aufgabe und der Höhe der Gefährdung. Die Fachkunde umfasst folgende Komponenten: eine geeignete Berufsausbildung, einschlägige Berufserfahrung sowie Kompetenz im Arbeitsschutz. Die Fachkunde muss nicht zwingend nur von einer Person abgedeckt werden. Dies ist dann in der Gefährdungsbeurteilung zu vermerken.

In begründeten Fällen kann von den Anforderungen der TRBA 200 an die Berufsausbildung oder die Berufserfahrung abgewichen werden, wenn die erforderlichen praktischen Kenntnisse und Fähigkeiten zum Beispiel im Rahmen des Studiums, der Ausbildung, von Weiterbildungsmaßnahmen oder im Rahmen einer spezifischen Unterweisung erlangt worden sind.

3 Pflichten der Schulleitung und Lehrkräfte



Der Arbeitgeber – vor Ort vertreten durch den Schulleiter bzw. die Schulleiterin – ist dafür verantwortlich, dass

- die Gefährdungsbeurteilung nach § 4 der BioStoffV fachkundig durchgeführt und nach § 7 BiostoffV dokumentiert wird,
- die erforderlichen Schutz- und Hygienemaßnahmen getroffen werden,
- die Betriebsanweisung erstellt wird sowie
- die Unterweisung von Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und sonstigen Beschäftigten (z. B. Personal des Reinigungsdienstes oder des Gebäudemanagements) erfolgt.

Für ihn besteht die Möglichkeit bestimmte Aufgaben, die sich aus dieser Verantwortung ergeben, auf die Lehrkräfte schriftlich zu übertragen, die in ihrem Bereich eigenverantwortlich tätig werden. Die Aufgabenübertragung entbindet die Schulleiterin bzw. den Schulleiter jedoch nicht von seiner Aufsichts- und Organisationsverantwortung, die nach Landesrecht geregelt ist.

Für die Tätigkeit mit Biostoffen bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des Unterrichts ist die Lehrkraft verantwortlich.

Entsprechend den Zuständigkeitsregelungen im Schulwesen tragen die Schulsachkostenträger Verantwortung für Bau und Ausstattung der Schulen sowie Ver- und Entsorgung mit bzw. von Verbrauchsmaterialien.

4 Gefährdungsbeurteilung



4.1 Allgemeine Grundsätze

In einer Gefährdungsbeurteilung gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) sind alle Arten von Gefährdungen zu berücksichtigen. Hierzu zählen auch solche, die im Zusammenhang mit Biostoffen nach §§ 4 bis 7 BioStoffV stehen.

In dieser Regel liegt der Schwerpunkt auf der Gefährdung durch Biostoffe.

Die Gefährdungsbeurteilung (Abb. 1) ist grundsätzlich vor Aufnahme der Tätigkeiten mit Biostoffen (z. B. Anzucht von Kulturen, Mikroskopieren) nach § 4 BioStoffV fachkundig durchzuführen. Das heißt, dass diese im Rahmen der Versuchsvorbereitung erstellt werden muss.

Die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung umfasst die Informationsbeschaffung, die Beurteilung der Gefährdungen durch die verwendeten oder vorkommenden Biostoffe sowie die Festlegung und Umsetzung der Schutzmaßnahmen. Nach § 4 Absatz 2 BioStoffV ist die Gefährdungsbeurteilung mindestens jedes zweite Jahr zu überprüfen, bei Bedarf zu aktualisieren und das Ergebnis zu dokumentieren. Dies bedingt nicht zwangsläufig, dass vor jedem Unterricht Gefährdungsbeurteilungen erstellt

werden müssen, soweit für Standardversuche bereits entsprechende Dokumente für Gefährdungsbeurteilungen vorliegen. Im Rahmen der Unterweisung der Schülerinnen und Schüler kann die Gefährdungsbeurteilung regelmäßig überprüft werden. Dies sollte mit Datum und Unterschrift dokumentiert werden.

Das Schema auf der nächsten Seite zeigt die einzelnen Schritte einer Gefährdungsbeurteilung.

Bei der Gefährdungsbeurteilung ist zu berücksichtigen, dass besondere Personengruppen (z. B. Schülerinnen und Schüler mit verminderter Immunabwehr, Schwangere) spezifischere Maßnahmen erfordern.

Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist nach § 6 ArbSchG in Verbindung mit § 7 BioStoffV zu dokumentieren. Diese Dokumentation umfasst insbesondere die Art der Tätigkeit einschließlich der Expositionsbedingungen, die Schutzstufe sowie die festgelegten Schutzmaßnahmen. Als Bestandteil der Dokumentation ist auch ein Verzeichnis der verwendeten oder auftretenden Biostoffe zu erstellen. Auf dieses Verzeichnis kann verzichtet werden, wenn ausschließlich Tätigkeiten in der Schutzstufe 1 mit Biostoffen ohne sensibilisierende oder toxische Wirkungen durchgeführt werden.

Bestimmen

der Betrachtungseinheit,
z.B. Versuch XY



Ermitteln

aller Gefährdungen und Belastungen (mechanische, elektrische, thermische, physikalische, chemische, biologische) und andere Ursachen z. B. psychischer Belastungen



Fortschreiben

der Gefährdungsbeurteilung ist die Grundlage für einen ständigen Verbesserungsprozess



Dokumentieren

- Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung
- Festgelegte Maßnahmen
- Ergebnis der Überprüfung der Maßnahmen
- WER macht WAS bis WANN?



Beurteilen

durch Abschätzen von

- Art und Ausmaß der möglichen Gesundheitsschäden und
- Eintrittswahrscheinlichkeit



Überprüfen

der Wirksamkeit der Maßnahmen hinsichtlich Gefahrenvermeidung bzw. -verringerung evt. neuer Gefährdungen durch festgelegte Maßnahmen Durchführung der Maßnahmen selbst



Festlegen

von Zielen und Maßnahmen unter Berücksichtigung

- des Standes der Technik, der Arbeitsmedizin und -wissenschaften
- der Gestaltung des Arbeitssystems
- der Erfordernisse besonders schutzbedürftiger Personen



Durchführen

der festgelegten Maßnahmen nach Prioritäten entsprechend Schwere und Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gesundheitsschadens

Abb. 1 Schema einer Gefährdungsbeurteilung

Für die Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten in der Schutzstufe 1 müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Ausreichende Kenntnisse der Arbeitsplatzsituation und Tätigkeiten, nachgewiesen durch ein abgeschlossenes Lehramtsstudium mit Vertiefungsfach Biologie oder vergleichbarer Aus- und Fortbildung bzw. einer spezifischen Unterweisung.
- Kenntnisse der relevanten Biostoffe und ihrer Eigenschaften (z. B. infektiös, toxisch, sensibilisierend; siehe auch 4.2), Tätigkeiten, einschlägigen Rechtsgrundlagen (u. a. dieser Regel).
- Fähigkeit zur Bewertung von Tätigkeitsabläufen hinsichtlich der von den Biostoffen ausgehenden Gefährdungen und Festlegung tätigkeitsbezogener Schutzmaßnahmen (technisch, organisatorisch und personenbezogen).

Bei Tätigkeiten der Schutzstufe 2 und höher steht die Infektionsgefährdung im Vordergrund. Zusätzlich zu den hier aufgeführten Fachkundanforderungen ist daher hier eine mindestens zweijährige Tätigkeit im Labor oder in der Versuchstierhaltung oder in der Biotechnologie nachzuweisen. Weitere Anforderungen bei Tätigkeiten der Schutzstufe 2 finden sich in der TRBA 200.

4.2 Gefährdungen durch Biostoffe und Aufnahmewege

Biostoffe, die in den menschlichen Körper eingedrungen sind, lösen je nach Aufnahmeweg, Dosis und Immunlage unterschiedliche Reaktionen im menschlichen Körper aus.

In der Regel setzt das Eindringen einer körperfremden Substanz (Antigen), hier eines Biostoffes, einen Abwehrmechanismus in Gang, der darauf abzielt, das Antigen unschädlich zu machen.

Von Biostoffen können verschiedene Gefährdungen ausgehen:

- infektiöse Wirkungen
- toxische Wirkungen
- sensibilisierende Wirkungen

Unter **infektiösen Wirkungen** sind die Infektionen zu verstehen, die mit klinischen Symptomen einhergehen und somit eine Erkrankung unterschiedlicher Ausprägung hervorrufen. Bakterien, Viren, Pilze, Prionen und Parasiten können Auslöser einer Infektionserkrankung sein. Die Grundlage für die Einstufung der Biostoffe in Risikogruppen gemäß BioStoffV stellt alleinig das Infektionspotenzial dar. Die Zuordnung der biologischen Arbeitsstoffe ist in Technischen Regeln für Biostoffe (TRBA) nachzulesen.

Die **toxischen Wirkungen** werden durch giftige Stoffe induziert, die Biostoffen entstammen. Man kann zwischen Endotoxinen und Exotoxinen unterscheiden. Exotoxine sind giftige Stoffe, die von Mikroorganismen produziert und ausgeschieden werden; dazu zählen z. B. die Botulinum-Neurotoxine. Bei Endotoxinen handelt es sich um zelluläre Substanzen, wie z.B. Membranbestandteile gram-negativer Bakterien, die erst dann freigesetzt werden, wenn sich die Zelle auflöst.

Die **sensibilisierenden Wirkungen** werden durch Allergene verursacht. Unter einem Allergen wird eine körperfremde, exogene Substanz verstanden, die eine Überempfindlichkeitsreaktion beim Menschen (eine allergische Reaktion) auslösen kann. Unter Sensibilisierung wird die Verstärkung der Empfindlichkeit des Immunsystems gegenüber einem Allergen verstanden. Weitere Hinweise können der TRBA/TRGS 406 entnommen werden.

Die Gefährdungen müssen einzeln betrachtet werden. Toxische und sensibilisierende Wirkungen können auch von Biostoffen der Risikogruppe 1 ausgehen.

Bevor Biostoffe eine Gefährdung für den Menschen darstellen können, müssen sie zunächst einmal in den menschlichen Körper gelangen. Dafür stehen Mikroorganismen, Parasiten usw. verschiedene Eintrittspforten und Übertragungswege zur Verfügung (Abb. 2). Folgende Aufnahmewege sind bei der Durchführung von Schülerexperimenten von Bedeutung:

- Aerogen (über die Luft, z. B. durch Tröpfcheninfektion)/Inhalation
- Oral (durch Verschlucken, z. B. Aufnahme durch die Nahrung, insbesondere unbeabsichtigt aufgrund von Verunreinigungen an den Händen)/Ingestion
- Perkutan (durch verletzte oder unverletzte Haut oder Schleimhaut, z. B. Stich- oder Schnittverletzung, Biss oder Stich von Überträgern, z. B. Fuchs, Zecken, Insekten).

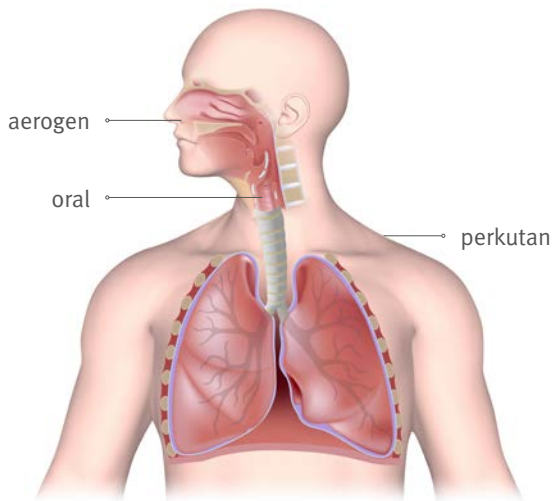


Abb. 2 Aufnahmewege

Ist ein Mikroorganismus in einen Wirtsorganismus eingedrungen und vermehrt sich dort, wird von einer Infektion gesprochen. Die Aufnahme- bzw. Übertragungswege spielen bei der Gefährdungsbeurteilung und Auswahl der Schutzmaßnahmen eine wichtige Rolle.

4.3 Ermitteln der Gefährdungen durch Biostoffe, Informationsbeschaffung

Entscheidend für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung ist die Informationsbeschaffung, um ausreichend Kenntnisse über die verwendeten Biostoffe, die Arbeitsabläufe und die mögliche Exposition zu erhalten.

Ein Ausgangspunkt bei der Informationsbeschaffung ist die Feststellung der Identität des biologischen Arbeitsstoffes. Die Einstufung der Biostoffe in Risikogruppen kann mit Hilfe der TRBA 460 (Pilze), 462 (Viren), 464 (Parasiten), 466 (Bakterien) ermittelt werden. Die Risikogruppe bezieht sich ausschließlich auf das Infektionspotenzial, daher müssen zusätzlich mögliche sensibilisierende und toxische Wirkungen berücksichtigt werden.

Beispielsweise können sensibilisierende und toxische Wirkungen durch Schimmelpilze der Risikogruppe 1 nicht ausgeschlossen werden.

Zudem muss die fachkundige Lehrkraft weitere Informationen über Übertragungswege der Mikroorganismen, Arbeitsabläufe und damit freiwerdende Biostoffe und mögliche Aufnahmepfade zusammentragen.

Für Tätigkeiten mit Biostoffen im Anwendungsbereich der BioStoffV wird zwischen gezielten und nicht gezielten Tätigkeiten unterschieden. Für beide Tätigkeiten muss eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden.

Gezielte Tätigkeiten

Bei gezielten Tätigkeiten nach BioStoffV ist eine Zuordnung zu einer Risikogruppe einfach, da der verwendete Biostoff der Spezies nach bekannt ist. Jeder eingesetzte Biostoff ist dabei einzeln zu betrachten. Daran schließt sich die Zuordnung der Tätigkeiten zu der adäquaten Schutzstufe an, wobei sich die Schutzstufe nach dem Biostoff mit der höchsten Risikogruppe richtet. An die festgelegte Schutzstufe sind bestimmte Schutzmaßnahmen geknüpft.



Bedingungen für gezielte Tätigkeiten

1. Die Tätigkeit ist unmittelbar auf einen oder mehrere Biostoffe ausgerichtet.
2. Der Biostoff oder die Biostoffe sind mindestens der Spezies nach bekannt.
3. Die Exposition ist hinreichend bekannt oder abschätzbar.

Gezielte Versuche mit Biostoffen im Schulbereich sind z. B. die alkoholische Gärung oder die Milchsäuregärung.

Zu den gezielten Tätigkeiten mit Biostoffen zählen auch **genetische Experimente**.

Genetische Experimente

Die sogenannte Selbstklonierung nicht pathogener Organismen ist eine Anwendung gentechnischer Methoden, welche nicht als Verfahren zur Veränderung genetischen Materials im Sinne des Gentechnikgesetzes gilt (genetische Experimente). Darunter versteht man die Übertragung von DNA-Sequenzen, die in der Population der Empfängerorganismen in vivo vorkommen, zwischen Zellen derselben oder eng verwandter Arten. Zur Selbstklonierung kann auch die Anwendung von rekombinanten Vektoren zählen, wenn sie über lange Zeit in diesem Organismus angewandt wurden.

Ein Beispiel für eine Selbstklonierung an Schulen sind die Experimente im Genbaukasten Blue Genes (Experimentierkoffer vom Fonds der Chemischen Industrie). Hierbei wird eine DNA-Sequenz aus *E. coli* (*lacZ*-Gen) mittels eines pBR322-Vektors in *E. coli* K12 JM109 transformiert. Zur Selektion werden das Ampicillin-Resistenzgen des Vektors und die enzymatische Aktivität des *lacZ*-Gens genutzt. Da dieses genetische Experiment nicht unter das Gentechnikrecht fällt, sind die dort beschriebenen, zusätzlichen Maßnahmen nicht notwendig. Die in dieser Regel genannten Schutzmaßnahmen sind unabhängig davon anzuwenden.

In § 3 Abs. 3b und 3c Gentechnikgesetz (GenTG) sind weitere Verfahren aufgeführt auf die das Gesetz nicht anzuwenden ist.

Nicht gezielte Tätigkeiten

Ist eine der drei Bedingungen für gezielte Tätigkeiten nicht erfüllt, spricht man von „nicht gezielten Tätigkeiten“.

In vielen Fällen können bei nicht gezielten Tätigkeiten Mischkulturen vorliegen, bei denen die einzelnen Biostoffe nur mit großem Aufwand bestimmt werden könnten.

Nicht gezielte Tätigkeiten im Schulbereich sind z. B. Heuaufguss, Teichwasserproben und Abklatschkulturen.

Im Gegensatz zu gezielten Tätigkeiten ist bei nicht gezielten Tätigkeiten der Biostoff mit der höchsten Gefährdung nicht unbedingt ausschlaggebend für die Zuordnung zu einer Schutzstufe. Die überwiegende Mehrzahl von Probenmaterialien aus der Umwelt (Wasser, Boden, Sedimente, Luft etc.) sind in aller Regel als nicht infektiös anzusehen, auch wenn sie in gewissem Umfang Biostoffe der Risikogruppe 2 enthalten können. Aus diesem Grund können Tätigkeiten mit diesen Materialien im Allgemeinen unter Bedingungen der Schutzstufe 1 durchgeführt werden. Liegen Verdachtsmomente auf besondere Belastungen der Umwelthabitate durch humanpathogene Biostoffe vor, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen, ob die Tätigkeiten unter den Bedingungen der Schutzstufe 2 durchzuführen sind.

Bei der Gefährdungsbeurteilung von nicht gezielten Tätigkeiten müssen daher die Zuordnung zu einer Schutzstufe

im Einzelfall entschieden werden und die Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik getroffen werden.

Tiere, Teile von Tieren oder Pflanzen sind zwar keine Biostoffe im Sinne der BioStoffV, jedoch sind Menschen, Tiere und Pflanzen natürlicherweise immer Träger biologischer Biostoffe (z. B. Magen-Darm-Flora). Bei entsprechenden Experimenten ist daher zu bedenken, dass es auch Infektionen gibt, die beispielsweise von Tieren auf den Menschen übertragbar sind (Zoonosen).

Unter diese Problematik fällt auch die Infektion durch BSE-Erreger, die in Risikomaterial, wie z. B. Augen und Gehirn von Rindern, enthalten sein können. Deshalb ist auf die Präparation von Rinderaugen zu verzichten. Stattdessen können Schweineaugen verwendet werden.

Gentechnische Arbeiten im Sinne des Gentechnikgesetzes

Die Übertragung der DNA eines Spenderorganismus führt hier zu einer Veränderung genetischen Materials des Empfängerorganismus und damit zur Erzeugung eines gentechnisch veränderten Organismus.

Ein Beispiel für gentechnische Arbeiten im Sinne des Gentechnikrechts in der Schule sind Versuche mit dem Green Fluorescent Protein (GFP). Hier wird das GFP-Gen, das ursprünglich der Qualle *Aequoria victoria* entstammt, über Vektoren (Plasmide, z. B. pGLO) in den Bakterienstamm *E. coli* K12 eingebracht und dessen genetisches Material verändert (Erzeugung eines grün fluoreszierenden Bakteriums).

Werden gentechnische Arbeiten durchgeführt, unterliegen diese nicht der BioStoffV, soweit im Gentechnikrecht gleichwertige oder strengere Regelungen bestehen. Demnach sind bei diesen Tätigkeiten die Forderungen des Gentechnikgesetzes und nachgelagerter Regelungen z. B. Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV), Gentechnik-Aufzeichnungsverordnung (GenTAufzV) usw. zu beachten.

Das bedeutet unter anderem, dass für entsprechende gentechnische Arbeiten an Schulen eine Zulassung zum S1-Labor und die Bestellung einer Projektleitung für gentechnische Arbeiten notwendig sind. In Vorbereitung solcher Arbeiten muss sich die Schulleiterin bzw. der Schulleiter mit der zuständigen Landesbehörde in Verbindung setzen.

5 Schutzmaßnahmen



5.1 Allgemeine Grundsätze

Nach § 8 BioStoffV hat der Arbeitgeber – vor Ort vertreten durch die Schulleiterin bzw. den Schulleiter – die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung zu treffen.

Die Verwendung eines gesundheitsgefährdenden Biostoffes in Schulen ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Vor seiner Verwendung ist zu prüfen, ob er durch einen solchen mit keiner oder geringerer Gesundheitsgefährdung ersetzt werden kann (Substitutionsgebot).

In der Schule sind gezielte Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppen 3 und 4 nicht erlaubt (Tab. 1).

Es wird empfohlen, Tätigkeiten, die der Schutzstufe 2 zuzuordnen sind, erst mit Schülerinnen und Schülern ab der Sekundarstufe II durchzuführen.

Je nach Schutzstufe müssen geeignete Maßnahmen nach dem Stand der Technik ermittelt und festgelegt werden. Schließt die Gefährdungsbeurteilung eine toxische oder sensibilisierende Wirkung der verwendeten Biostoffe nicht

aus, sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen durchzuführen. Die Anwendung baulicher, technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen hat grundsätzlich Vorrang vor dem Einsatz persönlicher Schutzausrüstung.

Hinweis: Bei der Auswahl der Schutzmaßnahmen müssen zusätzlich immer weitere Gefährdungen berücksichtigt werden (z. B. Belüftung bei der Verwendung von Lösemitteln oder Benutzung von Schutzhandschuhen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen).

5.2 Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 1

Bei Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 1 ist das Auftreten einer Infektion für gesunde Personen unwahrscheinlich. Bei allen Tätigkeiten mit Biostoffen müssen unabhängig von der Einstufung in Schutzstufen die allgemeinen Hygienemaßnahmen der Schutzstufe 1 eingehalten werden.

Bauliche Schutzmaßnahmen

Bei Bau und Einrichtung des Fachunterrichtsraumes sind im Hinblick auf Tätigkeiten mit Biostoffen folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

1. Abstände von Schülerübungstischen sind so zu bemessen, dass Schüler sich bei praktischen Übungen und Arbeiten nicht gegenseitig behindern. Dies wird vermieden, wenn z. B. zwischen Schülerübungstischen Mindestabstände von 0,85 m – und wenn Schüler Rücken an Rücken arbeiten – von 1,50 m eingehalten sind (DGUV Regel 102-601 „Branche Schule“).
2. Die Oberflächen der Schülerübungstische und der Fußboden sollen leicht zu reinigen und müssen dicht und beständig gegen die verwendeten Stoffe und Reinigungsmittel gegebenenfalls Desinfektionsmittel sein.
3. In Räumen, in denen mit Mikroorganismen gearbeitet wird, muss ein Handwaschplatz mit Seifenspender und Einmalhandtüchern gegebenenfalls Desinfektionsmittel vorhanden sein.
4. Laborkittel und Straßenbekleidung müssen getrennt aufbewahrt werden. Hierzu sind z. B. separate Hakenleisten vorzusehen.

Technische Schutzmaßnahmen

Bei Tätigkeiten der Schutzstufe 1 sind im Allgemeinen keine technischen Schutzmaßnahmen erforderlich.

Eine Ausnahme bildet die Verwendung von Schimmelpilzen der Risikogruppe 1. Hier kann eine sensibilisierende Wirkung nicht ausgeschlossen werden. Es empfiehlt sich in diesen Fällen grundsätzlich eine geschlossene Handhabung der Proben (Verschluss der Petrischalen nach der Inkubation mittels Klebeband). Ist eine offene Handhabung gewünscht (z. B. Herstellung eines „Tesafilmpreparats“), ist eine mikrobiologische Sicherheitswerkbank nach DIN EN 12469 bzw. ein Abzug zu verwenden.

Biostoffe der Risikogruppe 1 können ohne Vorbehandlung entsorgt werden, sofern das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung dem nicht entgegensteht. Kann bei nicht gezielten Tätigkeiten das Auftreten von Biostoffen der Risikogruppe 2 nicht ausgeschlossen werden, sind die Kulturen vor der Entsorgung im Autoklaven oder

Dampfdruckkochtopf zu sterilisieren. Der Erfolg der Sterilisation im Dampfdruckkochtopf ist abhängig von Temperatur und Druck. Es empfiehlt sich mit Hilfe von sporenbildenden Teststämmen (*Bacillus subtilis*, im Handel erhältlich) die Funktionsfähigkeit nachzuweisen bzw. die notwendige Sterilisationsdauer zu ermitteln. Einfache „Selbsttests“ mit in der Schule vorhandenen Versuchstämmen in regelmäßigen Abständen (vor Verwendung oder mindestens einmal jährlich) sind erforderlich.

Hinweis: *Das im Handel erhältliche Autoklavierband ist kein verlässlicher Anzeiger dafür, dass der Dampfdruckkochtopf richtig funktioniert, sondern wird in der Forschung nur zur Unterscheidung zwischen behandeltem – unbehandeltem Probe verwendet!*

Organisatorische Schutzmaßnahmen

1. Der Zugang zum Fachunterrichts- und Vorbereitungsraum ist auf autorisierte Personen (z.B. Lehrkräfte, unterwiesene Reinigungskräfte) zu beschränken, um unbefugtes Betreten auszuschließen (DGUV Regel 102-601 „Branche Schule“).
2. Arbeitsbereichs- und stoffbezogene Betriebsanweisungen sind zu erstellen. Die Betriebsanweisungen müssen vor Aufnahme der Tätigkeit vorliegen. Eine Hilfestellung bietet die Musterbetriebsanweisung im Anhang IV.
3. Bei Tätigkeiten mit Biostoffen müssen die Schüler vor Aufnahme der Tätigkeiten anhand der Betriebsanweisung besonders umfassend unterwiesen, sorgfältig angeleitet und überwacht werden.
4. Für Tätigkeiten der Schutzstufe 1 nach Biostoffverordnung wird das Tragen eines Laborkittels im Arbeitsbereich aus hygienischen Gründen empfohlen.
5. In den Fachunterrichtsräumen darf nicht getrunken, gegessen oder geschminkt werden. Nahrungsmittel dürfen im Arbeitsbereich nicht aufbewahrt werden.
6. Bei allen Tätigkeiten muss darauf geachtet werden, dass Aerosolbildung soweit möglich vermieden wird. Fenster und Türen der Arbeitsbereiche sollen während der Tätigkeiten geschlossen sein.
7. Bei Anreicherung unbekannter Mischkulturen (z. B. Abklatschproben, Bodenproben, Fangplatten) ist eine offene Handhabung nach der Inkubation durch Abkleben mittels Klebeband zu vermeiden.

Hinweis: Ein luftdichter Verschluss der Petrischalen während der Inkubation kann zu einer Anreicherung anaerober Mikroorganismen führen, die häufig der Risikogruppe 2 zuzuordnen sind (z. B. Abklatschprobe: *Staphylococcus aureus*; Bodenprobe: *Clostridium tetani*).

8. Mundpipettieren ist untersagt, Pipettierhilfen sind zu benutzen.
9. Kanülen, spitze und scharfe Instrumente, wie z. B. Skalpelle, sollen nur, wenn unbedingt nötig, benutzt werden. Benutzte Kanülen, spitze und scharfe Instrumente sind in durchstichsicheren und fest verschließbaren Abfallbehältnissen zu sammeln und zu entsorgen.
10. Arbeitsbereiche müssen aufgeräumt und sauber gehalten werden. Auf den Arbeitstischen dürfen nur die tatsächlich benötigten Geräte und Materialien stehen. Vorräte dürfen nur in dafür bereit gestellten Bereichen und Schränken gelagert werden.
11. Nach Beendigung der Tätigkeit und vor Verlassen des Fachunterrichtsraumes müssen die Hände sorgfältig gewaschen werden.

Persönliche Schutzmaßnahmen

Bei Einhaltung der oben aufgeführten organisatorischen Schutzmaßnahmen ist eine persönliche Schutzausrüstung bei Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 1 grundsätzlich nicht erforderlich.

Die Verwendung von Einmalhandschuhen bzw. anderer persönlicher Schutzausrüstung wird aber bei Kontakt mit Gefahrstoffen oder zur Vermeidung von Verunreinigung der Kulturen notwendig. Eine geeignete persönliche Schutzausrüstung ist durch die Schule (Sachkostenträger) zur Verfügung zu stellen.

Hinweis: Als Einmalhandschuhe werden solche aus Nitrilkautschuk empfohlen, wenn sich nicht auf Grund eingesetzter Gefahrstoffe andere Notwendigkeiten ergeben. Gepuderte Latexhandschuhe sind wegen ihres erhöhten Allergiepoteziels nicht zulässig!

5.3 Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 2

Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 2 können beim Menschen Krankheiten hervorrufen. Praktische Versuche, in denen Biostoffe der Risikogruppe 2 zum Einsatz kommen und die der Schutzstufe 2 zugeordnet werden, sollen daher so erfolgen, dass eine Exposition der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte vermieden wird.

Für Tätigkeiten der Schutzstufe 2 sind grundsätzlich alle Schutzmaßnahmen, die bereits für die Schutzstufe 1 beschrieben worden sind, zu ergreifen. Ergänzend sind insbesondere folgende Maßnahmen durchzuführen:

Bauliche Schutzmaßnahmen

1. Für die Desinfektion und Reinigung der Hände müssen ein Waschbecken, dessen Armatur vorrangig ohne Handberührung (z. B. mit Einhebelarmatur) bedienbar sein sollte, und Desinfektionsmittel-, Handwaschmittel- und Einmalhandtuchspender vorhanden sein. Diese sind vorzugsweise in der Nähe der Fachraumtür anzubringen.
2. Oberflächen müssen beständig gegen die verwendeten Chemikalien und Desinfektionsmittel sein.
3. Einrichtungen zum Spülen der Augen müssen vorhanden sein. Hier haben sich Augenduschen nach DIN EN 15154-2 oder Handbrausen am Kaltwasseranschluss bewährt. Augenspülflaschen dürfen nicht verwendet werden, da sie mit Mikroorganismen kontaminiert sein können; zudem ist die Menge an Spülflüssigkeit zu gering.

Hinweis: Um einer Verkeimung der Augenspüleinrichtung vorzubeugen, wird empfohlen diese einmal monatlich auf Funktionsfähigkeit zu prüfen und durchzuspülen!

Technische Schutzmaßnahmen

1. Tätigkeiten in der Schutzstufe 2 bei denen mit einer Gefährdung durch Bioaerosole zu rechnen ist, sollen in einer mikrobiologischen Sicherheitswerkbank oder vergleichbaren Einrichtungen (z. B. Abzug mit HE-PA-Filter) durchgeführt werden. Hierzu zählt die offene Handhabung von über den Luftweg übertragbaren Mikroorganismen der Risikogruppe 2.
2. Bei der Zentrifugation sind Zentrifugen mit abgedichteten Rotoren bzw. Zentrifugenröhrchen zu verwenden.

3. Zur Sterilisation von Arbeitsgeräten und erregerehaltigen Abfällen sind Autoklaven zu nutzen. Werden Versuche in der Schutzstufe 2 regelmäßig durchgeführt, muss der Autoklav mit einem Abluftfilter ausgestattet sein.

Hinweis: Die regelmäßige Wartung, Instandhaltung und Prüfung von technischen Einrichtungen sind sicher zu stellen!

Organisatorische Maßnahmen

1. Arbeitsbereiche in denen Tätigkeiten der Schutzstufe 2 durchgeführt werden, sind für diesen Zeitraum mit dem Symbol „Biogefährdung“ zu kennzeichnen (Abb. 3).



Abb. 3 Symbol „Biogefährdung“

2. Abfälle mit Biostoffen sind in geeigneten und gekennzeichneten Behältern sicher zu sammeln und vor der Entsorgung zu autoklavieren. Anschließend können diese in den Restmüll oder in den Ausguss gegeben werden.

Hinweis: Eine Kennzeichnung kann mit dem Symbol „Biogefährdung“ erfolgen (Abb. 3).

3. Die Schwarz-Weiß-Trennung (z. B. Aufbewahrung von Straßen- und Schutzkleidung an zwei getrennten Hakenleisten) ist konsequent umzusetzen. Die Bereitstellung und Reinigung der Schutzkittel ist Aufgabe der Schulen. Die Reinigung kann in schuleigenen Waschmaschinen oder durch Firmen erfolgen.
4. Biostoffe der Risikogruppe 2 sind dicht verschlossen und sicher zu transportieren und aufzubewahren.
5. Arbeitsgeräte und -flächen müssen nach Beendigung der Tätigkeit desinfiziert werden.
6. Das Reinigungspersonal ist anhand einer Betriebsanweisung über mögliche Gefährdungen zu informieren (Musterbetriebsanweisung siehe Anhang IV).

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Bei Einhaltung aller der für die Schutzstufe 2 geforderten Schutzmaßnahmen ist nicht von einer Infektionsgefährdung aus zu gehen. Somit ist gemäß § 15a (5) Punkt 2. BioStoffV das Angebot von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte im Regelfall nicht angezeigt.

Anzeige- und Aufzeichnungspflicht

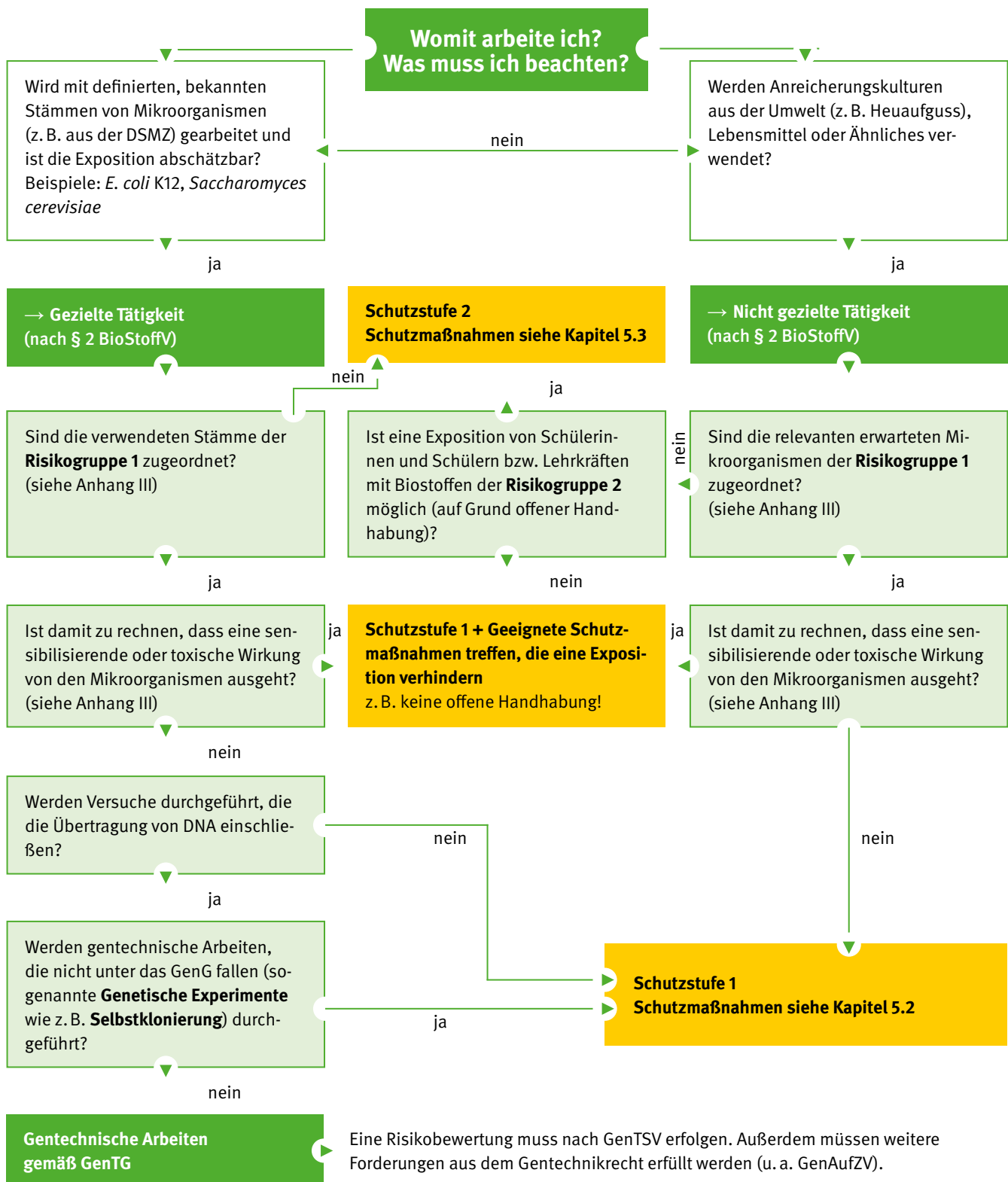
Die in Schulen in der Schutzstufe 2 durchgeführten Experimente sind im Regelfall den nicht gezielten Tätigkeiten zuzuordnen. Sollten im Einzelfall gezielte Tätigkeiten in der Schutzstufe 2 durchgeführt werden, so hat der Arbeitgeber (Schulleiterin/Schulleiter) gemäß § 16 BioStoffV diese der zuständigen Behörde spätestens 30 Tage vor Aufnahme der Tätigkeit anzuzeigen.

Persönliche Schutzmaßnahmen

Die Benutzung persönlicher Schutzausrüstung schließt das Tragen von geeigneter Schutzkleidung ein. Diese umfasst mindestens einen Schutzkittel, Schutzhandschuhe sowie Schutzbrillen und sind in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung zu tragen.

Anhang I

Ablauf einer Gefährdungsbeurteilung nach BioStoffV



Anhang II

Praktische Beispiele einer Gefährdungsbeurteilung bei gezielten und nicht gezielten Tätigkeiten

Beispiele zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung für gezielte Tätigkeiten

Alkoholische Gärung mit Reinzuchtheefe		
Fragen zur Gefährdungsbeurteilung	Antwort	Bemerkungen
Wird mit definierten, bekannten Stämmen von Mikroorganismen gearbeitet?	Ja, es wird mit Reinzuchtheefe zur Weinherstellung (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) gearbeitet.	
Ist die Tätigkeit auf den Biostoff ausgerichtet?	Ja, die Anzucht von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ist zur Weinherstellung notwendig.	
Ist die Exposition abschätzbar?	Ja, die Konzentration von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> in der Suspension ist bestimmbar. Eine Exposition von Schülern über den Luftweg ist erfahrungsgemäß vernachlässigbar.	
	→ Gezielte Tätigkeit nach § 2 BioStoffV	
Welcher Risikogruppe sind die verwendeten Stämme zuzuordnen?	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ist der Risikogruppe 1 zugeordnet.	Anhang III bzw. TRBA 460 „Pilze“
Ist damit zu rechnen, dass eine sensibilisierende oder toxische Wirkung von den Mikroorganismen ausgeht?	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ist nach TRBA 462 mit „A“ – mögliche allergene Wirkung gekennzeichnet. Erfahrungsgemäß ist bei dem betrachteten Schulversuch eine Exposition über den Luftweg sowie eine dermale Exposition zu vernachlässigen.	TRBA/TRGS 406; TRBA 460 Eine Kennzeichnung mit „A“ weist nur darauf hin, dass eine allergene Wirkung bekannt ist. Sie ist nicht gleichbedeutend mit einem höheren sensibilisierenden Potenzial im Vergleich zu anderen Arten.
Werden Versuche durchgeführt, die eine Übertragung von DNA einschließen?	Nein	
	→ Schutzstufe 1	
Welche Maßnahmen sind zu treffen?	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Hygienemaßnahmen sind ausreichend • Entsorgung kann über den Hausmüll oder Ausguss erfolgen • Unterweisung der Schülerinnen und Schüler anhand der Betriebsanweisung für Risikogruppe 1 	Kapitel 5.2, Betriebsanweisung „Arbeiten mit Mikroorganismen der Risikogruppe 1“

(Fortsetzung: Beispiele zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung für gezielte Tätigkeiten)

Genetische Experimente mit dem Genbaukasten Blue Genes		
Fragen zur Gefährdungsbeurteilung	Antwort	Bemerkungen
Wird mit definierten, bekannten Stämmen von Mikroorganismen gearbeitet?	Ja, mit <i>Escherichia coli</i> K12 JM 109 pBR322/lacZ	Es findet eine Übertragung des <i>lacZ</i> -Gens (Plasmidisolierung, Herstellung kompetenter Zellen, Transformation dieser Zellen) statt.
Ist die Tätigkeit auf den Biostoff ausgerichtet?	Ja, für diesen Transformationsversuch ist das oben genannte Vektor-Empfänger-System notwendig.	
Ist die Exposition abschätzbar?	Ja, die Konzentration von <i>Escherichia coli</i> K12 in der Suspension ist bestimmbar. Eine Exposition von Schülerinnen und Schülern über den Luftweg ist erfahrungsgemäß vernachlässigbar.	
	→ Gezielte Tätigkeit nach § 2 BioStoffV	
Welcher Risikogruppe sind die verwendeten Stämme zuzuordnen?	<i>Escherichia coli</i> K12 JM 109 pBR322/lacZ ist der Risikogruppe 1 zugeordnet.	Anhang III, Veröffentlichung der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS)
Ist damit zu rechnen, dass eine sensibilisierende oder toxische Wirkung von den Mikroorganismen ausgeht?	Nein	TRBA/TRGS 406
Werden Versuche durchgeführt, die eine Übertragung von DNA einschließen?	Ja	
Wird DNA übertragen, die nur Gene enthält, die in der Population der Empfängerorganismen <i>in vivo</i> vorkommt?	Ja, Empfänger- und Spenderorganismus gehören zur gleichen Bakterienart. Das <i>lacZ</i> -Gen kommt <i>in vivo</i> in diesen Bakterien vor.	Fällt nicht unter das GenTG
	→ Schutzstufe 1 Anforderungen des Gentechnikrechts müssen nicht beachtet werden	
Welche Maßnahmen sind zu treffen?	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Hygienemaßnahmen sind ausreichend • Entsorgung kann über den Hausmüll oder Ausguss erfolgen • Unterweisung der Schülerinnen und Schüler anhand der Betriebsanweisung für Risikogruppe 1 	Kapitel 5.2, Betriebsanweisung „Arbeiten mit Mikroorganismen der Risikogruppe 1“

Beispiele zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung für nicht gezielte Tätigkeiten

Anreicherungskulturen aus der Umwelt, hier: Heuaufguss mit Teichwasser		
Fragen zur Gefährdungsbeurteilung	Antwort	Bemerkungen
Wird mit definierten, bekannten Stämmen von Mikroorganismen gearbeitet?	Nein, die Mikroorganismen aus den Anreicherungskulturen sind im Einzelnen nicht bekannt.	Durch die aeroben Bedingungen wird die Vermehrung von anaeroben Mikroorganismen (z. B. Clostridien) unterdrückt.
	→ Nicht gezielte Tätigkeit nach § 2 BioStoffV	Da bereits eine Bedingung für gezielte Tätigkeiten nicht erfüllt ist, müssen die beiden anderen Voraussetzungen nicht weiter betrachtet werden.
Welcher Risikogruppe sind die verwendeten Stämme zuzuordnen?	Relevante Biostoffe u. a. <i>Paramecium caudatum</i> (Pantoffeltierchen), <i>Bacillus subtilis</i> und Hefen sind der Risikogruppe 1 zugeordnet.	Anhang III
Ist damit zu rechnen, dass eine sensibilisierende oder toxische Wirkung von den Mikroorganismen ausgeht?	Nein	TRBA/TRGS 406
	→ Schutzstufe 1	
Welche Maßnahmen sind zu treffen?	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Hygienemaßnahmen sind ausreichend • Entsorgung kann über den Hausmüll oder Ausguss erfolgen • Unterweisung der Schülerinnen und Schüler anhand der Betriebsanweisung für Risikogruppe 1 	Kein verschimmelttes Heu verwenden!

(Fortsetzung: Beispiele zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung für nicht gezielte Tätigkeiten)

Anzucht von Schimmelpilzen auf Lebensmitteln		
Fragen zur Gefährdungsbeurteilung	Antwort	Bemerkungen
Wird mit definierten, bekannten Stämmen von Mikroorganismen gearbeitet?	Nein, die Schimmelpilze sind im Einzelnen nicht bekannt.	
	→ Nicht gezielte Tätigkeit nach § 2 BioStoffV	Da bereits eine Bedingung für gezielte Tätigkeiten nicht erfüllt ist, müssen die beiden anderen Voraussetzungen nicht weiter betrachtet werden.
Welcher Risikogruppe sind die verwendeten Stämme zuzuordnen?	In der Regel sind Mikroorganismen der Risikogruppe 1 vorhanden; es können in Abhängigkeit vom Substrat Schimmelpilze der Risikogruppe 2 auftreten.	Anhang III
Ist damit zu rechnen, dass eine sensibilisierende oder toxische Wirkung von den Mikroorganismen ausgeht?	Ja, bei Schimmelpilzen kann eine sensibilisierende bzw. toxische Wirkung nicht ausgeschlossen werden.	TRBA/TRGS 406
	→ Schutzstufe 1 und zusätzliche Maßnahmen auf Grund der möglichen sensibilisierenden Wirkung	
Welche Maßnahmen sind zu treffen?	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Hygienemaßnahmen müssen eingehalten werden. • Die Proben werden sicher aufbewahrt, z. B. im Vorbereitungsraum. • Keine offene Handhabung, d. h. Petrischalen nach der Inkubation mit Parafilm oder Klebeband versiegeln und verschlossen lassen. • Falls offene Handhabung erforderlich ist (z. B. Aufbereitung von Proben zum Mikroskopieren), müssen diese Tätigkeiten unter einem Abzug oder einer Sicherheitswerkbank durch die Lehrkraft durchgeführt werden. • Entsorgung nach Sterilisation der Proben (z. B. im Dampfdruckkochtopf oder Autoklaven) • Unterweisung der Schüler anhand der Betriebsanweisung für Risikogruppe 1 	Zum Mikroskopieren empfehlen sich „Tesafilmpräparate“.

Anhang III

Sammlung praktischer Versuche mit Biostoffen im Unterricht

Gezielte Tätigkeiten – Risikogruppe, Schutzstufe und Schutzmaßnahmen

Versuch/Experiment	Biostoffe u. a.	Risiko- gruppe	Schutz- stufe	Schutzmaßnahmen und zusätzliche Hinweise
Herstellung von Lebensmitteln: (Alkoholische Gärung) Bier, Wein	Hefen (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	1	1	Kapitel 5.2 gezielte Tätigkeit bei Zugabe definierter Hefestämme; ansonsten nicht gezielte Tätigkeit (Schutzmaßnahmen sind identisch)
Herstellung von Lebensmitteln: (Milchsäuregärung) Sauerkraut, Brot, Joghurt, Quark, Käse	<i>Leuconostoc</i> sp. Bäckerhefe (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) <i>Lactobacillus plantarum</i> und weitere Milchsäurebakterien	1 1 1	1	Kapitel 5.2 gezielte Tätigkeit bei Zugabe definierter Hefe- bzw. Bakterienstämme; ansonsten nicht gezielte Tätigkeit (Schutzmaßnahmen sind identisch)
Qualitätsbestimmung verschiedener Wasserproben (IMViC) ¹⁾	<i>Escherichia coli</i> K 12 <i>Enterobacter</i> sp. (Risikogruppe 1)	1 1	1	Kapitel 5.2 keine Verwendung von Abwasserproben
Vereinzelungstechnik	<i>Micrococcus luteus</i>	1	1	Kapitel 5.2
Vermehrung von Bakterien, Verdünnungsausstriche	<i>Escherichia coli</i> K 12 und andere Bakterien der Risikogruppe 1	1	1	Kapitel 5.2
Kolonienzucht	<i>Saccharomyces</i> sp.	1	1	Kapitel 5.2
Kulturbeobachtung makroskopisch und mikroskopisch	Bakterien der Risikogruppe 1	1	1	Kapitel 5.2
Wachstum und Sporulation	<i>Bacillus subtilis</i>	1	1	Kapitel 5.2
Züchtung von <i>Bacillus megaterium</i> auf Möhren und Erstellung einer Reinkultur auf Standard-Agar	<i>Bacillus megaterium</i>	1	1	Kapitel 5.2
Anzucht und Untersuchung von <i>E. coli</i> -Mangelmutanten	<i>Escherichia coli</i> K12 Mangelmutanten	1	1	Kapitel 5.2
Färbetechniken (z. B. Gramfärbung, Sporenfärbung, Färbung mit Metylenblau zur Darstellung der Zellform)	<i>Escherichia coli</i> K12 <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus megaterium</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Enterococcus casseliflavus</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i>	1 1 1 1 2 1	1	Kapitel 5.2 Zusätzliche Schutzmaßnahmen auf Grund der verwendeten Gefahrstoffe (Farbstoffe)

1) IMViC = Indolbildung, Methylrot, Voges-Proskauer-Test, Citratverwertung

Fortsetzung: Gezielte Tätigkeiten – Risikogruppe, Schutzstufe und Schutzmaßnahmen

Versuch/Experiment	Biostoffe u. a.	Risiko- gruppe	Schutz- stufe	Schutzmaßnahmen und zusätzliche Hinweise
Methoden zur Zellmassenbestimmung, Wachstumskurve	<i>Escherichia coli</i> K12	1	1	Kapitel 5.2
Nachweis von Hemmstoffen und Antibiotika (Agardiffusionstest)	<i>Escherichia coli</i> K12 <i>Bacillus megaterium</i> <i>Bacillus subtilis</i>	1 1 1	1	Kapitel 5.2
Nachweis von Lysozymwirkung	<i>Escherichia coli</i> K 12 <i>Bacillus megaterium</i>	1 1	1	Kapitel 5.2
Nachweis des Pasteureffektes	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1	1	Kapitel 5.2
Immobilisierung von Zellen	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1	1	Kapitel 5.2
Diauxie (Verwertung zwei verschiedener Kohlenstoffquellen)	<i>Escherichia coli</i> K12	1	1	Kapitel 5.2
Biologische Vitamin B6-Bestimmung	<i>Saccharomyces carlbergensis</i>	1	1	Kapitel 5.2
Regulierung des Lactoseabbaus	<i>Escherichia coli</i> K12	1	1	Kapitel 5.2
Nachweis von Bakteriophagen	<i>Escherichia coli</i> K12 Lambda Phage	1 1	1	Kapitel 5.2
Nachweis chromosomaler DNA, Isolierung von Plasmid-DNA	<i>Escherichia coli</i> K12 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1 1	1	Kapitel 5.2
Isolierung streptomycin-resistenter Mutanten	<i>Escherichia coli</i> K12	1	1	Kapitel 5.2
Transformation, Konjugation von <i>E. coli</i> K12	<i>Escherichia coli</i> K12	1	1	Kapitel 5.2
Übertragung des <i>lacZ</i> -Gens (Plasmid-isolierung, Herstellung kompetenter Zellen, Transformation dieser Zellen)	<i>Escherichia coli</i> K12 JM 109 pBR 322/ <i>lacZ</i> (Genbaukasten Blue Genes)	1	1	Kapitel 5.2

Nicht gezielte Tätigkeiten – Risikogruppe, Schutzstufe und Schutzmaßnahmen

Versuch/Experiment	Biostoffe u. a.	Risiko- gruppe	Schutz- stufe	Schutzmaßnahmen und zusätzliche Hinweise
Heuaufguss	<i>Paramecium caudatum</i> (Pantoffeltierchen) Kahmhefen <i>Bacillus subtilis</i>	1 1 1	1	Kapitel 5.2 Kein verschimmelter Heu verwenden!
Untersuchung von Teichwasser	Amöben (Protozoen) Trompetentierchen (Spirotricha) (Protozoe) Glockentierchen (Peritricha) (Protozoe) [keine biol. Arbeitsstoffe: Chlorella (Grünalge), Volvox (Grünalge)]	1,2 1 1 1	1	Kapitel 5.2
Ermittlung des CSB ¹⁾	<i>Escherichia coli</i> und andere <i>Enterobacteriaceae</i>	2	2	Kapitel 5.3 Lehrerexperiment bei Abwasserproben
Mikroskopieren von Mikroorganismen in Lebensmitteln (Käse, Joghurt)	Schimmelpilze (z. B. <i>Penicillium camemberti</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>) Milchsäure-Bakterien	1	1	Kapitel 5.2 Keine verdorbenen Lebensmittel verwenden!
Isolierung von Milchsäurebakterien aus Joghurt und Sauerkraut	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>	1 1		Kapitel 5.2
Anzucht von Schimmelpilzen (Lebensmittel)	Schimmelpilze	1,2	1	Kapitel 5.2 Zusätzliche Maßnahmen siehe Anhang II
Keimzahlbestimmung in Roh- und Vollmilch	Milchsäure-Bakterien <i>Listeria monocytogenes</i>	1 2	1	Kapitel 5.2
Aufbewahrung von Hackfleisch, Mikroskopieren der Säfte	<i>Salmonella enterica</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Enterohämorrhag. E. coli</i> (EHEC) Coliforme Staphylococcen Enterococcen Pseudomonaden <i>Listeria monocytogenes</i>	2 2 3** ²⁾ 1,2 1,2 1,2 1,2 2	2	Kapitel 5.3 Probenvorbereitung durch Lehrkraft

1) CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf

2) Einige Biostoffe werden in der Risikogruppe 3 mit zwei Sternchen versehen, wenn eine Infektion normalerweise nicht über den Luftweg erfolgen kann. Das Infektionsrisiko ist in diesen Fällen begrenzt. Die Einstufung erfolgt in Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA).

Fortsetzung: Nicht gezielte Tätigkeiten – Risikogruppe, Schutzstufe und Schutzmaßnahmen

Versuch/Experiment	Biostoffe u. a.	Risiko- gruppe	Schutz- stufe	Schutzmaßnahmen und zusätzliche Hinweise
Abklatschversuche zum Nachweis von Handkeimen/Bedeutung der Händedesinfektion (Geldstücke, Radiergummi, Hände)	In Abhängigkeit vom Probenahmeort: Bakterien Hefen Pilze	1,2 1,2 1,2	1	Kapitel 5.2 Keine Probenahmeorte wählen, wo eine hohe Verunreinigung mit Fäkalkeimen zu erwarten ist (Toilette, ...). Keine offene Handhabung!
Spontankulturen auf Agarplatten (Fangplatten)	Bakterien Pilze	1,2 1,2	1	Kapitel 5.2 Keine Probenahmeorte wählen, wo eine hohe Verunreinigung mit Fäkalkeimen zu erwarten ist (Toilette, Kompost, Abfalltonne ...). Keine offene Handhabung!
Untersuchung von Bodenproben	Bakterien Pilze	1,2 1,2	1	Kapitel 5.2
Nachweis von <i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia marcescens</i>	2	2	Kapitel 5.3
Abbau verschiedener C-Verbindungen durch Bodenorganismen	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Cellulomonas sp.</i>	1 1	1	Kapitel 5.2
Anreicherung von anaeroben Bodenorganismen	<i>Clostridium pasteurianum</i>	1	1	Kapitel 5.2 Anzucht auf kohlenhydratreichen Substraten (z.B. Kartoffeln) um das Wachstum von peptolytischen Clostridien (<i>C. perfringens</i> , <i>C. tetani</i> , <i>C. botulinum</i>) zu unterdrücken.
Nachweis von Kapseln bei Bodenbakterien (Färbung)	<i>Azotobacter sp.</i>	1	1	Kapitel 5.2
Anreicherung phototropher Bakterien	<i>Rhodospirillaceae</i>	1	1	Kapitel 5.2
Selektive Anreicherung von speziellen Stoffwechselgruppen	<i>Thiobacillus sp.</i>	1	1	Kapitel 5.2

Fachlicher Hinweis:

Die Agarplatten sollten mit dem Deckel nach unten bebrütet werden, um die Entstehung von Kondenswasser zu verhindern.




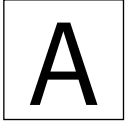
Anhang IV

Musterbetriebsanweisungen







Die folgenden Musterbetriebsanweisungen müssen den örtlichen und sonstigen speziellen Gegebenheiten angepasst und gegebenenfalls ergänzt werden.

1. Musterbetriebsanweisung für Arbeiten mit Mikroorganismen in der Schutzstufe 1
2. Musterbetriebsanweisung für Arbeiten mit Mikroorganismen in der Schutzstufe 2
(Werden gezielte Tätigkeiten in der Schutzstufe 2 durchgeführt, d. h. ist der verwendete Mikroorganismus der Spezies nach bekannt, muss dieser mit seinen Eigenschaften in der Betriebsanweisung benannt werden)
3. Musterbetriebsanweisung für Arbeiten mit dem Dampfdruckkochtopf, Sterilisation
4. Musterbetriebsanweisung für Wartungs- und Reinigungsarbeiten in Räumen, die mit dem Symbol „Biogefährdung“ gekennzeichnet sind




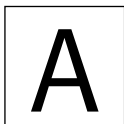
Die Musterbetriebsanweisung hat nur die Gefährdung durch Biostoffe zum Inhalt; für weitere Gefährdungen (insbesondere durch Gefahrstoffe) müssen gesonderte Regelungen getroffen werden.

Schule	<h2 style="margin: 0;">Musterbetriebsanweisung</h2> <p style="margin: 5px 0 0 40px;">Arbeitsbereich: Biologie Arbeitsplatz: Biologievorbereitungsraum XXX/Fachraum XXX Verantwortliche: Schulleitung/Fachlehrkraft Biologie</p>	Datum:
Unterschrift:		
Anwendungsbereich		
Arbeiten mit Mikroorganismen in der Schutzstufe 1		
Gefahren für Mensch und Umwelt		
<p>Gefahren für die Umwelt bestehen durch Mikroorganismen der Risikogruppe 1 nach dem Stand der Wissenschaft nicht. Ein Infektionsrisiko für den Menschen ist unwahrscheinlich, ein allergenes oder toxisches Potenzial ist aber nicht auszuschließen.</p>		
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln		
 	<ul style="list-style-type: none"> • Im Arbeitsraum geschlossenen Laborkittel, festes und geschlossenes Schuhwerk und gegebenenfalls Schutzbrille tragen. Vor dem Verlassen des Arbeitsraums Laborkittel ausziehen. • Mundpipettieren ist verboten. Zum Pipettieren ausschließlich Pipettierhilfe benutzen. • Aerosolbildung vermeiden, die Fenster und Türen der Arbeitsbereiche sollen während der Arbeiten geschlossen sein. • Spritzen, Kanülen und Skalpelle sollen nur wenn unbedingt nötig benutzt werden. Benutzte Utensilien direkt in die gesicherte Abfallbehälter geben, aber nie z. B. in die Schutzhüllen zurückstecken. • Arbeitsplatz aufgeräumt und sauber halten. • Nach Beendigung der Arbeiten Hände mit Wasser und Seife waschen. • Im Arbeitsraum nicht Essen, Rauchen, Trinken, Kaugummi kauen oder Kosmetika auftragen. 	
Verhalten im Gefahrfall		Ruf:
<ul style="list-style-type: none"> • Bei Freisetzung großer Mengen (z. B. Verschütten, Bruch einer Kulturflasche) Mitschüler warnen und den Fachlehrer sofort informieren. • Kontaminierte Gegenstände oder Oberflächen sofort reinigen bzw. nass aufwischen und gegebenenfalls desinfizieren. • Zum Wischen und Aufsaugen Zellstoff verwenden. 		
Erste Hilfe		Notruf: 112
	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Wunde auswaschen, möglichst ausbluten lassen und steril abdecken. • Verletzungen sind dem Fachlehrer zu melden und in das Verbandsbuch einzutragen. 	
Instandhaltung und Entsorgung		
	<ul style="list-style-type: none"> • Abfälle können über den Hausmüll bzw. Ausguss entsorgt werden. • Schimmelpilzkulturen verschlossen entsorgen. 	






Dieser Entwurf muss noch durch arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene Angaben ergänzt werden.

Schule	<h2 style="margin: 0;">Musterbetriebsanweisung</h2> <p style="margin: 0;">Arbeitsbereich: Biologie Arbeitsplatz: Biologievorbereitungsraum XXX/Fachraum XXX Verantwortliche: Schulleitung/Fachlehrkraft Biologie</p>	Datum: Unterschrift:
Anwendungsbereich		
Arbeiten mit Mikroorganismen in der Schutzstufe 2		
Gefahren für Mensch und Umwelt		
	<ul style="list-style-type: none"> • Mikroorganismen der Risikogruppe 2 können bei Einwirkung auf den menschlichen Körper Infektionen und Erkrankungen verursachen. • Die Aufnahme in den Körper kann durch Einatmen von Aerosolen, Verschlucken erregershaltigen Untersuchungsgutes, Eindringen von Erregern in bestehende oder verletzungsbedingte Hautschäden oder beim Verspritzen der Probe, über das Auge und die Schleimhäute erfolgen. • Bei vielen Tätigkeiten (z. B. Umfüllen, Ausplattieren, Pipettieren, Vortexen) können Aerosole (unsichtbare, feinste schwebende Tröpfchen) entstehen, die bei Einwirkung auf den Menschen Infektionen verursachen können. • Freisetzung der Organismen kann die Umwelt belasten. 	
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln		
  	<ul style="list-style-type: none"> • Im Arbeitsraum sind ein geschlossener Schutzkittel, festes und geschlossenes Schuhwerk und gegebenenfalls Schutzbrille zu tragen. Die Schutzkleidung darf nur in den Arbeitsräumen getragen werden und ist beim Verlassen abzulegen. Verschmutzte Schutzkleidung ist für die desinfizierende Reinigung in dafür vorgesehenen und gekennzeichneten Behältern zu sammeln. • Nach Beenden der Tätigkeit mit Biosubstanzen sind die Hände zu desinfizieren, zu waschen und zu pflegen. • Sämtliche Arbeiten, bei denen mit Aerosolbildung zu rechnen ist (z. B. Umfüllen, Ausplattieren, Anfertigen von Verdünnungsreihen, Pipettieren, Mischen) sind unter einer mikrobiologischen Sicherheitswerkbank durchzuführen. • Mundpipettieren ist verboten. Zum Pipettieren ausschließlich Pipettierhilfe benutzen. • Bei der Zentrifugation dicht schließende Zentrifugenröhrchen (Schraubverschluss mit O-Ring) verwenden. • Während des direkten Umgangs mit infektiösem Material müssen Einmalhandschuhe (Typ:) • getragen werden. Schmierkontaminationen sind dabei zu vermeiden. • Kontaminierte Arbeitsgeräte müssen vor einer Reinigung autoklaviert oder desinfiziert werden. • Pathogene Mikroorganismen dürfen nur in gekennzeichneten, verschlossenen und gegen Bruch geschützten Behältern transportiert werden. • Im Arbeitsraum nicht Essen, Rauchen, Trinken, Kaugummi kauen oder Kosmetika auftragen. 	
Verhalten im Gefahrfall		Ruf:
<ul style="list-style-type: none"> • Bei Freisetzung großer Mengen (z. B. Verschütten, Bruch einer Kulturflasche) Mitschüler warnen und den Fachlehrer sofort informieren. • Zur Beseitigung der Kontamination sind Schutzbrille, Einmalhandschuhe (Typ:) • und bei möglichem Vorhandensein von Aerosolen filtrierende Halbmaske der Schutzstufe FFP3 zu tragen. • Kontaminierte Gegenstände oder Oberflächen sofort reinigen bzw. nass abwischen und gegebenenfalls desinfizieren. • Zum Wischen und Aufsaugen Zellstoff verwenden. 		
Erste Hilfe		Notruf: 112
	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Wunde auswaschen, möglichst ausbluten lassen und steril abdecken. • Bei Spritzer ins Auge mit der Augenspüleinrichtung intensiv spülen. • Verletzungen sind dem Fachlehrer zu melden und in das Verbandbuch einzutragen. • Bei intensivem Kontakt (z. B. Verschlucken, Inkorporation durch Verletzungen) gegebenenfalls Arzt aufsuchen. 	
Instandhaltung und Entsorgung		
	<ul style="list-style-type: none"> • Sämtliche kontaminierten Abfälle autoklavieren. • Danach können die Abfälle über den Hausmüll bzw. Ausguss entsorgt werden. 	

Dieser Entwurf muss noch durch arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene Angaben ergänzt werden.

Schule	<h2 style="margin: 0;">Musterbetriebsanweisung</h2> <p style="margin: 5px 0 0 40px;">Arbeitsbereich: Biologie Arbeitsplatz: Biologievorbereitungsraum XXX/Fachraum XXX Verantwortliche: Schulleitung/Fachlehrkraft Biologie</p>	Datum:
Unterschrift:		
Anwendungsbereich		
Arbeiten mit dem Dampfdruckkochtopf, Sterilisation		
Gefahren für Mensch und Umwelt		
	<ul style="list-style-type: none"> Gefahr der Verbrennung an heißen Oberflächen Gefahr der Verbrennung durch Siedeverzug Gefahr der Freisetzung von Biostoffen aufgrund mangelnder Sterilisation 	
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln		
	<ul style="list-style-type: none"> Der Dampfdruckkochtopf darf nur von der Lehrkraft verwendet werden. Die Bedienungsanleitung des Dampfdruckkochtopfs ist zu beachten. Zum Schutz vor heißen Oberflächen sind Schutzhandschuhe (Typ:) zu tragen. Zum Schutz vor heißem ausströmendem Dampf ist eine Schutzbrille zu tragen. Brennbare Flüssigkeiten und hitzeempfindliche Materialien dürfen nicht sterilisiert werden. Flaschen/Gefäße mit Schraubverschluss nur locker zudrehen – nicht vollständig verschließen. Gefäße mit Flüssigkeiten nur maximal 3/4 füllen. Vor dem Sterilisationsvorgang ausreichend Wasser nachfüllen. Deckel erst öffnen, wenn die Temperatur des Dampfdruckkochtopfs deutlich abgesunken ist. Bei Kontamination des Dampfdruckkochtopfs (z. B. auf Grund von übervollen Flaschen oder Siedeverzug) den Innenraum erst reinigen. Die Funktionsfähigkeit des Dampfdruckkochtopfs lässt sich am besten mit Hilfe von sporenbildenden Teststämmen (meist Bacillus subtilis, im Handel erhältlich) nachweisen. Einfache „Selbsttests“ mit in der Schule vorhandenen Versuchsstämmen in regelmäßigen Abständen (vor Verwendung oder mindestens einmal jährlich) sind erforderlich. <p>WICHTIG: Das im Handel erhältliche Autoklavierband ist kein verlässlicher Anzeiger dafür, dass der Dampfdruckkochtopf richtig funktioniert, sondern wird in der Forschung nur zur Unterscheidung zwischen behandelter – unbehandelter Probe verwendet!</p>	
Verhalten im Gefahrfall		Ruf:
Bei ungewöhnlichen Betriebszuständen oder technischem Defekt den Dampfdruckkochtopf ausschalten.		
Erste Hilfe		Notruf: 112
	<ul style="list-style-type: none"> Augenkontakt: Spritzt Flüssigkeit aus dem Dampfdruckkochtopf in die Augen, Augen unter fließendem Wasser bei gut geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten spülen (Augenspüleinrichtung!); Weiterbehandlung beim Augenarzt. Verbrennungen mit reichlich Wasser kühlen und keimfrei bedecken. Verletzungen sind sofort dem zuständigen Vorgesetzten zu melden und unbedingt in das Verbandsbuch einzutragen. Freigesetztes Sterilisiergut aufnehmen und desinfizieren. 	
Instandhaltung und Entsorgung		
	<ul style="list-style-type: none"> Im Dampfdruckkochtopf behandelte Abfälle können im Hausmüll entsorgt werden. Vor jeder Benutzung sind die Dichtungen und Sicherheitsventile auf optische Schäden und Leichtgängigkeit zu prüfen. 	

Dieser Entwurf muss noch durch arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene Angaben ergänzt werden.

Schule	<h2 style="margin: 0;">Musterbetriebsanweisung</h2> <h3 style="margin: 0;">Hausmeister/Reinigungspersonal</h3> <p style="margin: 5px 0 0 40px;">Arbeitsbereich: Biologie Arbeitsplatz: Biologievorbereitungsraum XXX/Fachraum XXX Verantwortliche: Schulleitung/Fachlehrkraft Biologie</p>	Datum:
Unterschrift:		
Anwendungsbereich		
<h2 style="margin: 0;">Wartungs- und Reinigungsarbeiten in Räumen, die mit dem Symbol „Biogefährdung“ gekennzeichnet sind</h2>		
Gefahren für Mensch und Umwelt		
	<ul style="list-style-type: none"> Mikroorganismen der Risikogruppe 2 können bei Einwirkung auf den menschlichen Körper Infektionen und Erkrankungen verursachen. Die Aufnahme in den Körper kann durch Einatmen von Aerosolen, Verschlucken erregerehaltigen Untersuchungsgutes, Eindringen von Erregern in bestehende oder verletzungsbedingte Hautschäden oder beim Verspritzen der Probe, über das Auge und die Schleimhäute erfolgen. Freisetzung der Organismen kann die Umwelt belasten. 	
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln		
 	<ul style="list-style-type: none"> Nur unterwiesenes Personal darf die gekennzeichneten Räume betreten. Die Zugangstüren zu den gekennzeichneten Räumen dürfen nicht offen stehen. Geräte und Kulturen dürfen ohne ausdrückliche Anweisung nicht berührt oder entsorgt werden. Tische, auf denen sich Versuchsanordnungen befinden, dürfen durch das Reinigungspersonal nicht gereinigt werden. Schränke dürfen nur äußerlich gereinigt werden. Nicht abgeschaltete Gas- oder Elektroversorgung, offene Gashähne, Gasgeruch oder beschädigte Steckdosen oder Geräte sind sofort dem Fachlehrer/Hausmeister oder Schulleiter zu melden. In den gekennzeichneten Räumen nicht Essen, Trinken, Rauchen, Kaugummi kauen oder Kosmetika auftragen. 	
Verhalten im Gefahrfall		Ruf:
<p>Sollte trotz der Vorsichtsmaßnahmen eine Gefahrensituation (z. B. Bruch einer Kulturflasche) eintreten</p> <ul style="list-style-type: none"> muss der Raum verlassen werden und müssen Hausmeister oder Fachlehrer sofort über sämtliche Vorkommnisse informiert werden. 		
Erste Hilfe		Notruf: 112
	<ul style="list-style-type: none"> Offene Wunden auswaschen, möglichst ausbluten lassen und steril abdecken. Bei Spritzer ins Auge mit der Augenspüleinrichtung intensiv spülen. Verletzungen sind dem Fachlehrer/Schulleiter zu melden und in das Verbandbuch einzutragen. Bei intensivem Kontakt (z. B. Verschlucken, Inkorporation durch Verletzungen) gegebenenfalls Arzt aufsuchen. 	
Instandhaltung und Entsorgung		
	<ul style="list-style-type: none"> Abfallbehälter, die mit dem Symbol „Biogefährdung“ gekennzeichnet sind, werden nicht entleert. 	

Dieser Entwurf muss noch durch arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene Angaben ergänzt werden.

Anhang V

Häufig gestellte Fragen (FAQs)

Experimente am Menschen

1. Sind Eigenexperimente z. B. Blutzuckertest in der Schule zulässig? Welche Vorschriften sind zu beachten?

Die Demonstration eines Blutzuckertests durch ein an Diabetes erkranktes Schulkind ist möglich. Das Einverständnis des betroffenen Schülers bzw. der betroffenen Schülerin und der Eltern sollte unbedingt eingeholt werden.

2. Ist eine Blutgruppenbestimmung von Schülerblut erlaubt?

Nein, es ist nicht erlaubt, dass Schülerinnen und Schüler eine Blutgruppenbestimmung ihres Blutes durchführen. Auch bei Versuchen mit Eigenblut kann ein Kontakt der Schülerinnen und Schüler untereinander und somit eine mögliche Belastung mit Hepatitis B oder C, HIV etc. nicht ausgeschlossen werden. Für die Bestimmung muss Modellblut oder von behördlich beaufsichtigten Institutionen (z. B. Hilfsorganisationen) getestetes Blut eingesetzt werden.

Experimente mit Tieren

3. Dürfen Schülerinnen und Schüler lebende Haustiere mitbringen?

Gesunde Tiere dürfen in die Schule mitgebracht werden. Man kann von der Gesundheit der Tiere ausgehen, wenn sie regelmäßig den Tierarzt besuchen und bei ihnen keine Erkrankung festgestellt wurde.

4. Dürfen tote Tiere mit in die Schule gebracht werden?

Tote Tiere dürfen nicht in die Schule gebracht werden, da eine Erkrankung der Tiere und mögliche Übertragung auf den Menschen (z. B. Tollwut) nicht ausgeschlossen werden kann.

5. Welche Gefahren sind bei der Präparation und Entsorgung von Schweine- oder Rinderaugen zu beachten?

In der Schule sollten nur Schweineaugen untersucht werden, da es sich bei Rinderaugen um Risikomaterial bzgl. BSE handelt. Die Einhaltung von allgemeinen Hygienemaßnahmen sollte selbstverständlich sein. Die Entsorgung der Augen kann über den Schlachthof oder eine Schlachtereier/Metzgerei oder auch über den Hausmüll erfolgen. Auf Grund des Schutzes Dritter sollten die Schweineaugen vor der Entsorgung verpackt werden.

6. Sind in der Schule Versuche mit tierischem Blut zulässig?

Es ist wichtig darauf zu achten, dass nur Blut von gesunden Tieren in der Schule verwendet wird. Das Blut sollte über einen Schlachthof bezogen werden, wo die Tiere vom Amtstierarzt bzw. einer Amtstierärztin untersucht werden.

7. Müssen die Schülerinnen und Schüler bei der Untersuchung von z. B. Schweineherzen oder Forellen usw. Einmalhandschuhe tragen?

Die BioStoffV fordert in diesem Fall nicht das Tragen von Einmalhandschuhen. Falls Einmalhandschuhe verwendet werden, ist auf Grund gesundheitlicher Risiken auf Latexhandschuhen zu verzichten (Alternativen: Vinyl-, Nitrilkautschuk-Handschuhe,...).

Experimente mit Mikroorganismen

8. Welche Bakterienstämme dürfen verwendet werden?

Es dürfen alle Bakterien der Risikogruppe 1 verwendet werden. Beim gezielten Einsatz von Bakterien der Risikogruppe 2 in der Schule sind weitere geeignete Maßnahmen (s. BioStoffV bzw. Kapitel 5.3 dieser Regel) notwendig.

9. Ist der Umgang mit selbst gezüchteten Bakterienkulturen erlaubt?

Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung gibt die geeigneten Schutzmaßnahmen vor. Bei bekannten, definierten Bakterienstämmen (Reinkulturen) der Risikogruppe 1 kann eine weitere Anzucht unter Beachtung der Schutzmaßnahmen in Kapitel 5.2 erfolgen. Verunreinigte Kulturen müssen sterilisiert werden.

10. Ist das Anzüchten von Schimmelpilzen auf Lebensmitteln, sowie Versuche zum Verderben und Haltbarmachen von Lebensmitteln zulässig?

Siehe Anhang II. Wichtig ist, dass eine Sporenverbreitung vermieden wird und die Proben in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

11. Was ist bei der Gewässeruntersuchung (Ökologie) zu beachten?

In der Regel gehören die Mikroorganismen in Gewässern (Teichen, Tümpeln, Bächen) der Risikogruppe 1 an. Daher sind die Schutzmaßnahmen wie sie im Kapitel 5.2 beschrieben sind zu beachten.

In Gewässern, die mit Abwasser, Gülle oder Düngemitteln belastet sind, kommen Mikroorganismen der Risikogruppe 2 vor. Solche Untersuchungen fallen unter die Schutzstufe 2 und sind als Lehrereperiment durchzuführen. Entsprechende Maßnahmen (siehe Kapitel 5.3) sind zu treffen.

12. Wie entsorgt man angelegte Bakterien- und Schimmelpilzkulturen?

Kulturen mit Mikroorganismen der Risikogruppe 1 können über den Ausguss bzw. Hausmüll entsorgt werden. Kann das Auftreten von Biostoffen der Risikogruppe 2 nicht ausgeschlossen werden, sind die Kulturen vor der Entsorgung im Autoklaven oder Dampfdruckkochtopf zu sterilisieren. (siehe auch Anhang IV – Musterarbeitsanweisung (3) „Arbeiten mit Dampfdruckkochtopf, Sterilisation“).

13. Reicht es aus, die Sterilisation von Mikroorganismen im Dampfdruckkochtopf durch zu führen?

Grundsätzlich ist eine Sterilisation im Dampfdruckkochtopf möglich. Der Erfolg der Sterilisation im Dampfdruckkochtopf ist abhängig von Temperatur und Druck. Es empfiehlt sich mit Hilfe von sporenbildenden Teststämmen (meist *Bacillus subtilis*, im Handel erhältlich) die Funktionsfähigkeit nachzuweisen bzw. die notwendige Sterilisationsdauer zu ermitteln. Einfache „Selbsttests“ mit in der Schule vorhandenen Versuchsstämmen in regelmäßigen Abständen (vor Verwendung oder mindestens einmal jährlich) sind erforderlich.

14. Sind Untersuchungen von Bakterien im Abfall in der Schule erlaubt?

Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine nicht gezielte Tätigkeit, da nicht bekannt ist, welche Mikroorganismen im Einzelnen im Abfall enthalten sind; da im Abfall Bakterien und Pilze der Risikogruppe 2 sowie Mikroorganismen mit allergischem Potenzial enthalten sein können, müssen geeignete Maßnahmen für die Schutzstufe 2 ergriffen werden (siehe Kapitel 5.3).

15. Können Kompostierungsversuche im Klassenzimmer durchgeführt werden?

Bei der Kompostierung werden Schimmelpilzsporen mit sensibilisierendem Potenzial in größeren Mengen freigesetzt. Da bei diesem Versuch eine Aerosolbildung nicht zu vermeiden ist, sollten Kompostierungsversuche nur im Freien durchgeführt werden.

16. Welche gentechnischen Experimente sind in der Schule erlaubt ?

Zunächst muss unterschieden werden, ob gentechnische Arbeiten (im Sinne des Gentechnik-Rechts) oder genetische Experimente durchgeführt werden (siehe Kapitel 2.6 bzw. 2.8). Bei genetischen Experimenten mit Mikroorganismen der Risikogruppe 1 sind die Schutzmaßnahmen in Kapitel 5.2 dieser Regel ausreichend. Käuflich erworbene Phagen dürfen nur eingesetzt werden, wenn eine Unbedenklichkeitsbescheinigung vom Lieferanten vorliegt. Der Einsatz des Genbaukastens Blue Genes erfüllt alle Bedingungen und ist insofern unproblematisch.

Sollen gentechnische Arbeiten durchgeführt werden (z. B. Versuche mit GFP), so müssen die weitergehenden Anforderungen des Gentechnik-Rechts beachtet werden.

17. Fallen Arbeiten zur DNA-Isolation unter die BioStoffV?

Versuche, bei denen DNA aus Tomaten oder Zwiebeln isoliert wird, fallen nicht unter die BioStoffV und erfordern somit keine entsprechenden Schutzmaßnahmen gemäß BioStoffV. Bei diesem Versuch müssen aber die Gefährdungen berücksichtigt werden, die sich aus dem Umgang mit den eingesetzten Gefahrstoffen ergeben.

18. Was ist bei biochemischen Methoden zur Veränderung von Bakterien im Schullabor zu beachten?

Bei Mutagenese-Experimenten ist darauf zu achten, dass Bakterien der Risikogruppe 1 eingesetzt werden, gegebenenfalls müssen Maßnahmen nach GefStoffV getroffen werden.

Exkursionen und Sonstiges

19. Welche Vorbereitungen müssen bei Freilandexkursionen bzw. bei Arbeiten im Schulgarten getroffen werden?

Schülerinnen und Schüler und gegebenenfalls Eltern sollten über mögliche Infektionen (z. B. FSME, Borreliose durch Zeckenstich) informiert werden. Bei Exkursionen sollte geeignete Kleidung (lange Hosen, langärmliges Oberteil) getragen werden.

Allergien müssen im Vorfeld abgeklärt sein.

Für Arbeiten im Schulgarten ist ein Impfschutz gegen Tetanus angeraten. Entsprechende Informationen zum Impfstatus der Schüler sollten im Vorfeld eingeholt werden.

20. Darf man mit Schülerinnen und Schülern Pilze sammeln, zubereiten und verzehren?

Die Sammlung und Bestimmung von Pilzen ist unproblematisch. Giftige Pilze sind zu kennzeichnen. Auf Zubereitung und Verzehr der Pilze ist zu verzichten.

21. Spielt die BioStoffV im Hauswirtschaftsunterricht eine Rolle?

In Lebensmitteln (z. B. Milchprodukten, Hackfleisch, verschimmeltem Brot) sind Mikroorganismen enthalten. In den meisten Fällen handelt es sich um nicht gezielte Tätigkeiten im Sinne der BioStoffV. Je nach Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung müssen entsprechende Maßnahmen gemäß der BioStoffV und der Hinweise in dieser Regel eingehalten werden.

22. Darf frische Kuhmilch vom Bauernhof (Rohmilch) verzehrt oder weiter verarbeitet werden?

Rohmilch kann Bakterien der Gattung *Campylobacter*, insbesondere *Campylobacter jejuni* und andere Krankheitserreger enthalten. Diese Bakterien können Darm-erkrankungen verursachen, wenn sie mit getrunkenen Rohmilch als Vehikel in den Körper gelangen. Kinder sind empfänglicher für *Campylobacter*-Infektionen als Erwachsene.

Zum Schutz vor *Campylobacter*-Infektionen ist es wichtig die Rohmilch, die direkt vom Erzeuger abgegeben wird, vor dem Verzehr bzw. weiteren Verarbeitung abzukochen!

Anhang VI

Hilfreiche Internet-Adressen

Die nachstehende Tabelle beinhaltet Internet-Adressen, die Fundstellen für das einschlägige Vorschriften- und Regelwerk, Bezugsquellen für Mikroorganismen und Unterrichtsmaterialien benennen und allgemeine Informationen zu Biostoffen geben. Diese Internet-Adressen stellen auch einen Ausgangspunkt für weitere Recherchen zu dem Thema „Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Schulen“ dar, da sie zum Teil auf weitere Links verweisen.

Hilfreiche Internet-Adressen		
Internet-Adressen	Einrichtung, Institution	Stichwort
http://www.dguv.de und Adressen der regional zuständigen UV-Träger	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung Zuständiger Unfallversicherungsträger	Vorschriften und Regeln des zuständigen Unfallversicherungsträgers
http://www.dguv.de/ifa/gestis-biostoffdatenbank	IFA-GESTIS-Biostoffdatenbank	Biostoffdatenblätter mit Grundinformationen, Biostoffdatenblätter mit erweiterten Informationen, Tätigkeitsdatenblätter
https://www.bgrci.de/	Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie	Musterbetriebsanweisungen für Laboratorien (z. B. S1-Labor, Sicherheitswerkbank, Abzug, Tischzentrifuge)
https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Biostoffe/_functions/BereichsPublikationssuche_Formular.html?nn=8701972	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	staatliche Vorschriften und Regeln zu biologischen Arbeitsstoffen (z. B. BioStoffV, TRBA, ABAS-Beschlüsse)
http://lasi.osha.de	Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik	Publikationen zum Arbeitsschutz u. a. LV 23 „Handlungshilfe zur Umsetzung der BioStoffV“
http://www.rki.de	Robert-Koch-Institut	Informationen zu Infektionserkrankungen; Impfkalender; Liste der Desinfektionsmittel
https://www.zkbs-online.de/ZKBS/DE/01_Aktuelles/aktuelles_node.html	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit	Zentrale Kommission für biologische Sicherheit (Gentechnik)
http://www.dsmz.de	Deutsche Stammsammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen	Schulgeeignete Mikroorganismen
http://www.fonds.vci.de	Fonds des Verbandes der chemischen Industrie	Informationen über Genbaukasten Blue Genes; Antrag auf Fördermittel für Genbaukasten Blue Genes
http://www.vdbio.de	Verband deutscher Biologen e.V.	Auflistung von Schulmaterialien für den praxisorientierten Unterricht mit Linksammlung

Hilfreiche Internet-Adressen		
Internet-Adressen	Einrichtung, Institution	Stichwort
http://www.biologie.uni-erlangen.de/mibi/schule/schuleindex.htm	Lehrstuhl für Mikrobiologie der Universität Erlangen	Angebote für Gymnasien zu Gentechnik und Molekularbiologie; „Erlanger Experimentierkoffer“
http://www.ipn.uni-kiel.de	Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften der Uni Kiel	Unterrichtsmaterialien bzw. Literaturhinweise zu Unterrichtsmaterialien; wichtige Links
http://www.zum.de	Zentrale für Unterrichtsmedien im Internet e.V.	Unterrichtsmaterialien; Lernmodule
http://www.lernort-labor.de	Zentrum für Beratung und Qualitätsentwicklung (LeLa)	Schülerlabore; Veranstaltungen; Informationen
http://www.ipn.uni-kiel.de/eibe/	Europäische Initiative für Biotechnik im Unterricht	Unterrichtsmaterialien Gen- und Biotechnologie (Experimentier- und Praxisanleitungen, Hintergrundinformationen)
http://www.biodidaktik.de		Links zu Bildungsservern der Länder; Lehrpläne, Unterrichtshilfen, Zeitschriften, Veranstaltungen
http://www.lehrer-online.de		Forum und Fachportal für Lehrkräfte; Linksammlung

Anhang VII

Schülerlabore – Praktische Versuche mit biologischen Arbeitsstoffen

Labor	Region	Homepage
Netzwerk Schülerlabore	Deutschland	www.lernort-labor.de
Schülerlabore der Helmholtz-Gemeinschaft		www.helmholtz.de/karriere_talente/netzwerk_schuelerlabore/schuelerlabore
Schullabor Novartis	Basel	www.schullabor.ch/schullabor.html
Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth	Bayreuth	www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktik-bio/genlaborbor/angebote.html
Schülerlabore der LMS (Lise-Meitner-Schule)	Berlin	https://osz-lise-meitner.eu
Gläsernes Labor	Berlin	www.glaesernes-labor.de
NatLab	Berlin	www.natlab.de
Alfried-Krupp-Schülerlabor (Ruhruniversität Bochum)	Bochum	www.aks.rub.de
BioS Biotechnisches Schülerlabor Braunschweig	Braunschweig	www.bios-braunschweig.de
Gläsernes Labor	Dresden	www.dhmd.de (Deutsches Hygiene-Museum Dresden)
KIT (Karlsruher Institut für Technologie)	Eggenstein-Leopoldshafen Karlsruhe	http://www.fortbildung.kit.edu/schuelerlabor.php
Gentechnik zum Begreifen	Erlangen	www.biologie.uni-erlangen.de/mibi/schule/schule_index.htm
Schülerlabor der FH Flensburg „Biotechnologie zum Anfassen“	Flensburg	https://hs-flensburg.de/hochschule/einrichtung/schuelerlabor
Genomix (Industriepark Hoechst)	Frankfurt am Main	www.sanofi-aventis.de (Menü: „Karriere/Schueler“)
Grünes Labor Gatersleben	Gatersleben	www.gruenes-labor.de
Science Bridge (Mobiles Labor)	Gießen	www.sciencebridge.net
XLAB-Göttinger Experimentallabor für junge Leute e.V.	Göttingen	www.xlab-goettingen.de
Nta-Schülerlabor	Isny	www.nta-isny.de (Menü: „Was bieten wir“)
Köln PUB e.V.	Köln	www.koelnpub.de
Schüler AG der Bayer Chemiepark Leverkusen	Leverkusen	www.baylab.bayer.de
Lübecker Offenes Labor (LOLA)	Lübeck	www.bioweb.uni-luebeck.de/LOLA/index.htm
Xplore! – Das Biotechlabor der BASF	Ludwigshafen	www.bildungsserver.de/onlineressource.html?onlineressourcen_id=19764

Labor	Region	Homepage
Praktikumslabor der Martinsrieder Max-Planck-Institute	Martinsried	www.biochem.mpg.de/news/school
Initiative Schullabor München	München	www.schul-labor-muenchen.de
Das Besucherlabor – Genforschung begreifen	München, deutsches Museum	www.deutsches-museum.de (Menü: „Ausstellungen, Neue Projekte“)
Gläsernes Labor des Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit	Neuherberg bei München	www.djh-naturwissenschaft.de/index.php?catID=2&old=26&discover
Mach-Mit-Labor	Saarbrücken	www.biochem.uni-sb.de/machmit/mml.html
Baylab, die Schülerlabor-Initiative von Bayer Health Care	Wuppertal	www.wuppertal.bayer.de/scripts/pages/de/nachbarschaft/schuelerprojekte/das_baylab/index.php

Anhang VIII

Literaturangaben

Gesetze, Verordnungen und Technische Regeln

ArbSchG	Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
GenTG	Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz – GenTG)
BioStoffV	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biostoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV)
GenTSV	Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung – GenTSV)
GenTAufzV	Verordnung über Aufzeichnungen bei gentechnischen Arbeiten und bei Freisetzungen (Gentechnik-Aufzeichnungsverordnung – GenTAufzV)
GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
TRBA 100	Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien
TRBA 200	Anforderungen an die Fachkunde nach Biostoffverordnung
TRBA 250	Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege
TRBA 400	Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen
TRBA/TRGS 406	Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege
TRBA 450	Einstufungskriterien für biologische Arbeitsstoffe
TRBA 460	Einstufung von Pilzen in Risikogruppen
TRBA 462	Einstufung von Viren in Risikogruppen
TRBA 464	Einstufung von Parasiten in Risikogruppen
TRBA 466	Einstufung von Prokaryonten (Bacteria und Archaea) in Risikogruppen
TRBA 500	Grundlegende Maßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen

Unfallverhütungsvorschriften, Regeln und Merkblätter

DGUV Vorschrift 1	„Grundsätze der Prävention“
DGUV Regel 102-601	„Branche Schule“
DGUV Regel 112-189	„Benutzung von Schutzkleidung“ (bisher BGR 189)
DGUV Regel 112-192	„Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ (bisher BGR 192)
DGUV Regel 112-995	„Benutzung von Schutzhandschuhen“ (bisher GUV-R 195)
DGUV Information 202-023	„Giftpflanzen – Beschauen, nicht kauen“ (bisher GUV-SI 8018)
DGUV Information 202-059	„Erste Hilfe in Schulen“ (GUV-SI 8065)
DGUV Information 213-088	„Eingruppierung biologischer Agenzien: VIREN (Merkblatt B 004 der Reihe Sichere Biotechnologie)“ (bisher BGI 631)
DGUV Information 213-089	„Einstufung biologischer Arbeitsstoffe-Parasiten - Besondere Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit Parasiten (Merkblatt B 005 der Reihe Sichere Biotechnologie)“ (BGI 632)
DGUV Information 213-090	„Einstufung biologischer Arbeitsstoffe-Prokaryonten (Bacteria und Archaea) (Merkblatt B 006 der Reihe Sichere Biotechnologie)“ (bisher BGI 633)
DGUV Information 213-092	„Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze (Merkblatt B 007 der Reihe Sichere Biotechnologie)“ (BGI 634)

DIN-Normen

DIN EN 15154-2:2006-12	Sicherheitsnotduschen – Teil 2: Augenduschen mit Wasseranschluss; Deutsche Fassung EN 15154-2:2006
DIN EN 12469:2000-09	Biotechnik – Leistungskriterien für mikrobiologische Sicherheitswerkbänke; Deutsche Fassung EN 12469:2000

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de