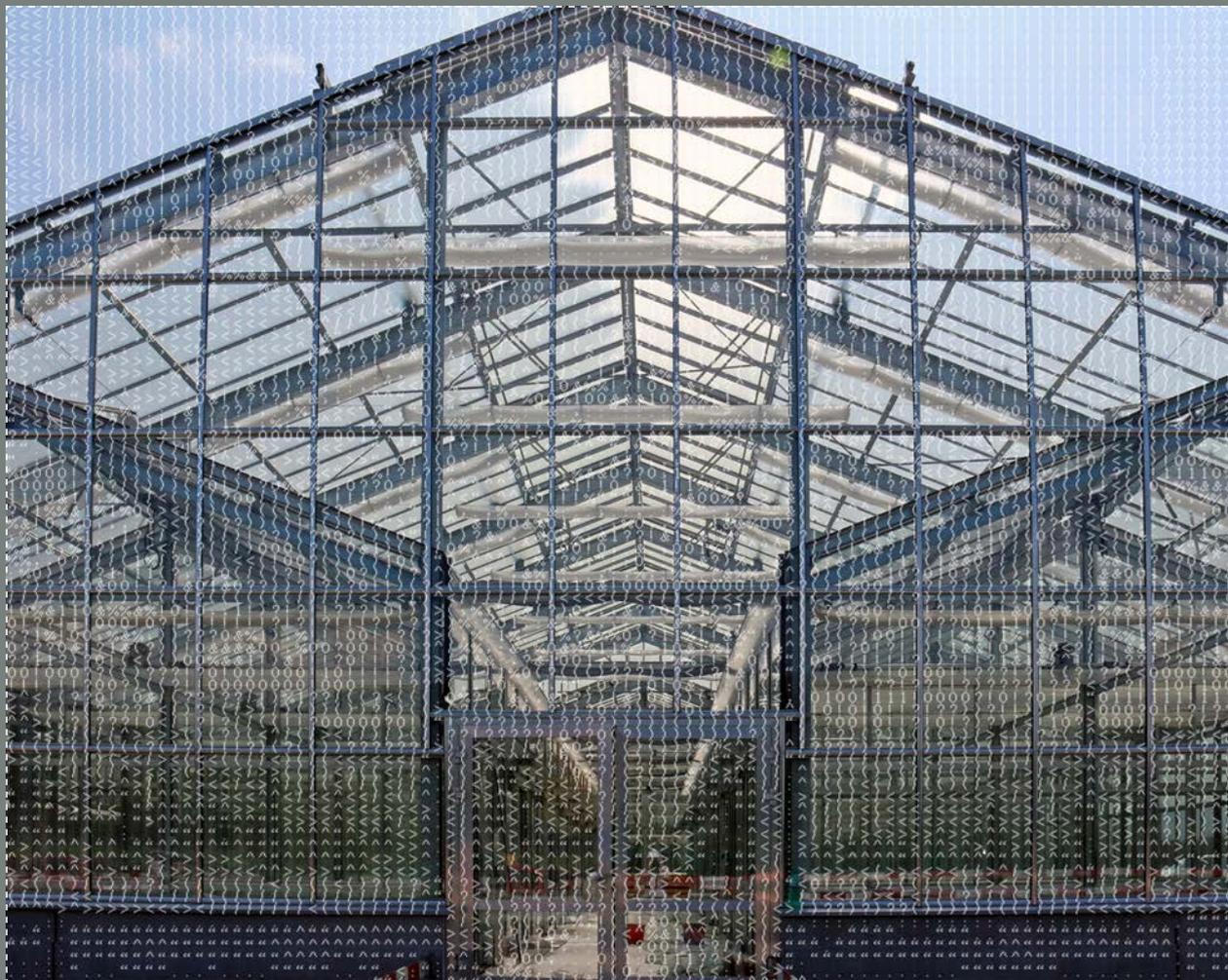


> Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser

*Vollzugshilfe für den Betrieb von Gewächshäusern
mit einschliessungspflichtigen Organismen*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser

*Vollzugshilfe für den Betrieb von Gewächshäusern
mit einschliessungspflichtigen Organismen*

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis ermöglichen. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Vollzug Umwelt».

Die Vollzugshilfen gewährleisten einerseits ein grosses Mass an Rechtsgleichheit und Rechtssicherheit; andererseits ermöglichen sie im Einzelfall flexible und angepasste Lösungen. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen. Andere Lösungen sind nicht ausgeschlossen, gemäss Gerichtspraxis muss jedoch nachgewiesen werden, dass sie rechtskonform sind.

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Ursula Jenal und Patrick King von Jenal & Partners Biosafety Consulting

Begleitung BAFU

Graziella Mazza, Sektion Biotechnologie, Abteilung Boden und Biotechnologie

Zitierung

Jenal U., King P. 2015: Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser. Vollzugshilfe für den Betrieb von Gewächshäusern mit einschliessungspflichtigen Organismen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1517: 56 S.

Gestaltung

Stefanie Studer, Künten

Titelbild

Gewächshaus Syngenta

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-1517-d

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar.

> Inhalt

Abstracts	5		
Vorwort	7		
Ziel und Geltungsbereich	8		
<hr/>			
1 Gewächshäuser als geschlossene Systeme	9		
1.1 Geschlossenes System	9		
1.2 Gewächshäuser	9		
<hr/>			
2 Einschliessungspflichtige Organismen in Gewächshäusern	12		
2.1 Einschliessungspflichtige Organismen	12		
2.2 Eigenschaften einschliessungspflichtiger Organismen, die sich auf die Sicherheitsmassnahmen von Gewächshäusern auswirken	13		
2.2.1 Bewertung von Eigenschaften	13		
2.2.2 Gentechnisch veränderte Pflanzen	14		
2.2.3 Verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen gemäss Anhang 2 FrSV	17		
2.2.4 Pathogene Mikroorganismen, Pilze und Endoparasiten	18		
2.2.5 Einschliessungspflichtige gebietsfremde wirbellose Kleintiere	19		
<hr/>			
3 Massnahmen zur biologischen Sicherheit von Gewächshäusern	22		
3.1 Einschliessungsprinzipien	22		
3.2 Sicherheitsrelevante Grundsätze bei der Planung und Konstruktion von Gewächshäusern	23		
3.3 Allgemeine Sicherheitsmassnahmen zur Organisation der Arbeit in Gewächshäusern	25		
3.3.1 Allgemeine Sicherheitsmassnahmen in Hinblick auf den Betrieb von Gewächshäusern	25		
3.3.2 Organisatorische Massnahmen in Hinblick auf den Rückbau von Gewächshäusern	28		
		3.4 Besondere Sicherheitsmassnahmen für den Betrieb von Gewächshäusern	29
		3.4.1 Besondere Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser der Stufe 1	30
		3.4.2 Besondere Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser der Stufe 2	32
		3.4.3 Besondere Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser der Stufe 3	37
		3.4.4 Ergänzende spezifische Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser mit gebietsfremden wirbellosen Kleintieren	43
		3.5 Transport	45
		3.5.1 Sicherheitsmassnahmen für den internen Transport einschliessungspflichtiger Organismen	45
		3.5.2 Sicherheitsmassnahmen für den externen Transport einschliessungspflichtiger Organismen	46
		3.6 Notfallpläne	47
		3.7 Rückbau von Gewächshäusern	50
		3.8 Überwachung	51
		3.8.1 Überwachung während des Betriebs	52
		3.8.2 Überwachung während und nach einem Rückbau	53
		Literatur	54
		Verzeichnisse	56

> Abstracts

These guidelines are intended for enforcement authorities as well as for operators and users of greenhouses and environmental chambers that must be used as contained systems for handling organisms subject to a containment obligation. They include practical recommendations on organizational, technical and structural safety precautions that must be taken when handling these organisms or when building, operating, servicing and dismantling contained systems.

Die vorliegende Vollzugshilfe richtet sich an die Vollzugsbehörden sowie an Betreiber und Verwender von Gewächshäusern (Glashäuser und Klimakammern), die als geschlossene Systeme gestaltet sein müssen, damit in ihnen mit einschliessungspflichtigen Organismen umgegangen werden darf. Die Vollzugshilfe beinhaltet praktische Empfehlungen zu den organisatorischen, technischen und baulichen Sicherheitsmassnahmen, die für den Umgang mit diesen Organismen erforderlich sind und zwar für den Bau, den Betrieb und Unterhalt sowie den Abbau.

La présente aide à l'exécution s'adresse aux autorités d'exécution ainsi qu'aux exploitants et aux utilisateurs de serres (serres en verre et enceintes climatiques) qui doivent être aménagées en milieux confinés afin qu'il soit possible d'y travailler avec des organismes soumis au confinement obligatoire. Elle contient des recommandations pratiques sur les mesures de sécurité organisationnelle, technique et constructive qui doivent être prises lors de la construction, de l'exploitation, de l'entretien et de la déconstruction des serres servant à la manipulation de tels organismes.

Il presente aiuto all'esecuzione si rivolge alle autorità esecutive come pure ai gestori e agli utenti di serre (strutture in vetro e camere climatiche) che per essere destinate all'utilizzazione di organismi soggetti a impiego confinato devono essere concepite come sistemi chiusi. Questo strumento contiene raccomandazioni pratiche sulle misure di sicurezza organizzative, tecniche ed edili richieste per una corretta utilizzazione dei suddetti organismi, nello specifico per la costruzione, l'esercizio, la manutenzione nonché lo smantellamento delle serre.

Keywords:

Containment Ordinance (CO),
biosafety, greenhouses

Stichwörter:

Einschliessungsverordnung
(ESV), Biosicherheit,
Gewächshäuser

Mots-clés:

Ordonnance sur l'utilisation
confinée (OUC),
sécurité biologique, serres

Parole chiave:

Ordinanza sull'impiego confinato
(OIConf), sicurezza biologica,
serre

> Vorwort

Gentechnisch veränderte Pflanzen, verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen, pathogene Mikroorganismen oder gebietsfremde wirbellose Kleintieren können für die Umwelt eine Gefährdung darstellen, wenn mit ihnen nicht sachgerecht umgegangen wird. Deshalb muss der Umgang mit diesen Organismen in geschlossenen Systemen erfolgen. Die Anforderungen dazu sind in der Einschliessungsverordnung (ESV) festgehalten

Für den Umgang mit Pflanzen, Mikroorganismen oder wirbellosen Kleintieren, die zusammen mit Pflanzen verwendet werden, werden oft Gewächshäuser in Form von Glashäusern oder Klimakammern verwendet. Deren Bau und Betrieb verlangen nach spezifischen Sicherheitsmassnahmen, um ein Entweichen der einschliessungspflichtigen Organismen in die Umwelt zu minimieren oder zu verhindern. Dies soll sicherstellen, dass Mensch und Umwelt vor negativen Einflüssen geschützt und die Biodiversität nicht gefährdet wird.

Ziel der vorliegenden Vollzugshilfe ist es, zu den Sicherheitsmassnahmen nach ESV Erläuterungen und Empfehlungen zur Verfügung zu stellen, um Bau und Betrieb von Gewächshäusern sicherer und unkomplizierter zu gestalten. Zusätzlich sind Empfehlungen für den Rückbau von Gewächshäusern sowie für die Überwachung von Betriebsarealen enthalten.

Das BAFU dankt allen Fachexperten und Behördenvertretern, die im Rahmen von Arbeitsgruppen an der Verwirklichung der Vollzugshilfe beigetragen haben. Die Realisierung der Vollzugshilfe verdanken wir der Arbeit von Dr. Ursula Jenal und Dr. Patrick King von Jenal & Partners Biosafety Consulting. Wir erhoffen uns, dass die vorliegende Vollzugshilfe ein nützliches Nachschlagewerk für Betreiber und Anwender von Gewächshäusern sowie für Vollzugsbehörden sein wird.

Bettina Hitzfeld
Chefin Abteilung Boden und Biotechnologie
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Ziel und Geltungsbereich

Die vorliegende Vollzugshilfe hat zum Ziel, die Sicherheitsanforderungen beim Umgang mit einschliessungspflichtigen Organismen in Gewächshäusern der Stufen 1, 2 und 3 zu erläutern und zu präzisieren.

Die Vollzugshilfe basiert auf der Verordnung über den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen vom 9. Mai 2012 (Einschliessungsverordnung, ESV)¹. Definitionen, Erläuterungen und weitere Vollzugshilfen zur ESV finden sich auf der Internetseite Biotechnologie, geschlossene Systeme, des Bundesamtes für Umwelt.²

Die Vollzugshilfe soll für alle Beteiligten eine Unterstützung sein; 1) auf Betreiberbene bei der Planung von Gewächshäusern, bei der Umsetzung von technischen Sicherheitsmassnahmen, bei der Einführung sicherer Arbeitstechniken und beim Rückbau von Gewächshäusern; 2) auf Bundesebene bei der Begutachtung von Meldungen und Bewilligungsgesuchen von Tätigkeiten, die in Gewächshäusern stattfinden und 3) auf kantonaler Ebene bei der Inspektion von Gewächshäusern.

Die Vollzugshilfe äussert sich nicht zu den Anforderungen der ESV an Laboratorien, Tieranlagen oder Produktionsanlagen.

¹ Einschliessungsverordnung (ESV, SR 814.912): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

² BAFU Biotechnologie: www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01744/index.html?lang=de

1 > Gewächshäuser als geschlossene Systeme

1.1 Geschlossenes System

Der Begriff «geschlossenes System» bezeichnet gemäss ESV³ eine Einrichtung, die durch physikalische Schranken oder durch eine Kombination von physikalischen mit chemischen oder biologischen Schranken den Kontakt der Organismen mit Mensch oder Umwelt soweit begrenzt oder verhindert, dass keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen entstehen. Der Begriff «geschlossenes System» wird im Sinne eines Systems mit kontrollierten Systemgrenzen verwendet.

Die Kontrolle der Systemgrenzen geschieht durch Einschliessungsmassnahmen. Diese können aus physikalischen Schranken bestehen, wie einer Gebäudehülle, einem Filtersystem, einem Käfig oder einer Sicherheitswerkbank. Physikalische Schranken bedeuten die gezielte Ausführung und gegenseitige Abstimmung aller baulichen, apparativen und steuerungstechnischen Einrichtungen. Die physikalischen Schranken zur Begrenzung oder Verhinderung eines Kontaktes der Organismen mit der Umwelt sind im Fall von Gewächshäusern beispielsweise die Verglasung des Gebäudes, das Anbringen von Netzen und anderen Vorrichtungen an offenen Stellen gegen das Eindringen von Vögeln, Nagern und Wirbellosen oder das Einbeuteln von Blüten zur Verhinderung des Pollenfluges.

Physikalische Schranken werden oft durch chemische Schranken ergänzt, z. B. durch eine Materialschleuse, in der bewegliche Ausrüstungsgegenstände mit chemischen Inaktivierungsmitteln dekontaminiert werden. Als biologische Schranken gilt z. B. die Verwendung von Organismen oder Vektoren mit gefahrenmindernden Eigenschaften, wie männlich sterilen oder in unserem Klima nicht überlebensfähigen Pflanzen.

Eine effektive Einschliessung von Organismen hängt aber nicht nur von physikalischen, chemischen oder biologischen Schranken ab, sondern insbesondere auch von deren Kombination mit sicheren Arbeitspraktiken (Kapitel 3.3).

1.2 Gewächshäuser

In der Regel sind mit dem Begriff «Gewächshäuser» freistehende oder an andere Gebäude angebaute Glashäuser mit hoher Lichtdurchlässigkeit gemeint, die zur Kultivierung von Pflanzen eine natürliche Photoperiode ermöglichen. Integrierte Bestandteile von Gewächshäusern sind meist Vorrichtungen zur Regulation von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Kunstlicht dient als Ergänzung zur natürlichen Beleuchtung.

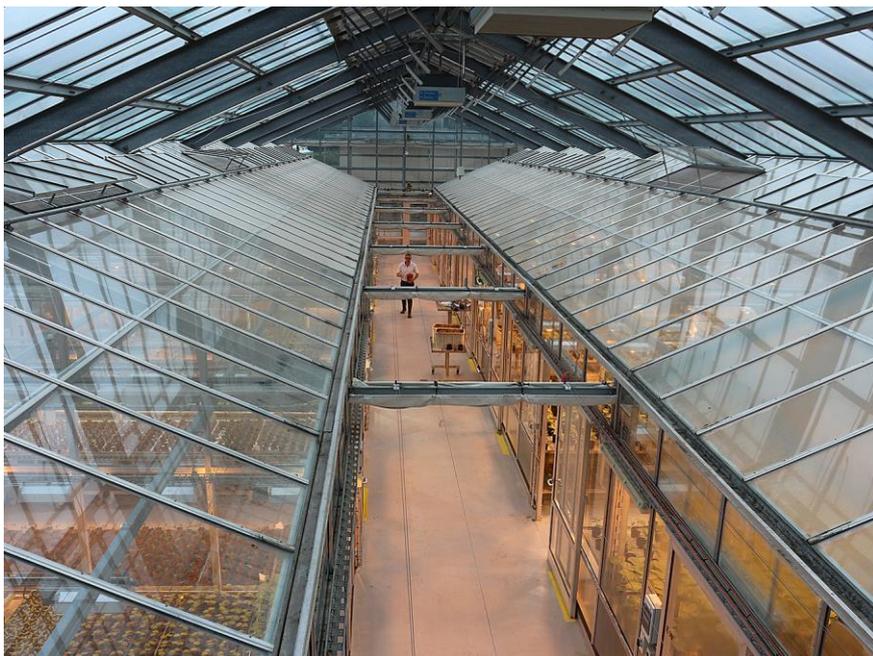
³ Einschliessungsverordnung (ESV, SR 814.912): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

Die vorliegende Vollzugshilfe befasst sich nur mit Gewächshäusern, die aufgrund der Art der verwendeten Organismen als geschlossene Systeme gelten müssen. Gewächshäuser sind dann als geschlossene Systeme akzeptiert, wenn sie zu den allgemeinen Sicherheitsmassnahmen nach Anhang 4 Ziffer 1 ESV je nach Art der Organismen und Risiko der Tätigkeit auch die besonderen Sicherheitsmassnahmen nach Ziffer 2 erfüllen (Kapitel 3.4).

Nicht als geschlossene Systeme gelten Gewächshäuser, welche aufgrund des Fehlens von Systemgrenzen den Austritt von Organismen in die Umwelt nicht einschränken. Dies sind beispielsweise Anzuchtunnel oder land-, forst- und gartenwirtschaftlich verwendete kommerzielle oder private Gewächshäuser, in welchen Pflanzen wie Gemüse, Blumen, Sträucher, usw. verwendet werden und welche nicht dazu ausgelegt sind, das Freisetzen von Organismen, bzw. bei Pflanzen Samen, Pollen oder anderen reproduktionsfähigen Pflanzenbestandteile zurückzuhalten.

Klimakammern werden ebenfalls häufig zur Kultivierung von Pflanzen oder zum Züchten von Wirbellosen verwendet. Klimakammern sind fensterlose, isolierte Räume, die in der Regel in ein bestehendes Gebäude eingefügt und somit von zwei Gebäudehüllen umgeben sind. Die Gestaltung der Wachstumsbedingungen zur Kultivierung von Pflanzen, insbesondere auch die Lichtintensität und die Photoperiode, erfolgt technisch. Klimakammern sind in der vorliegenden Vollzugshilfe miteingeschlossen, ausser die Angaben betreffen Besonderheiten, welche mit der Konstruktion von Glashäusern zusammenhängen.

Abb. 1 > Varianten von Gewächshäusern: Glashaus, Klimakammer



Ein Spezialfall eines Gewächshauses ist eine Vegetationshalle. Sie besitzt mobil gestaltete Wände und Dach, was einerseits freilandnahe Licht- und Wetterbedingungen ermöglicht, aber andererseits auch Schutz vor Schlechtwetterperioden durch Schliessen des Daches und der Seitenwände bietet. Bei einer Vegetationshalle sind die physikalischen Schranken durch die mobilen Wand- und Deckenelemente zeitweise nicht vorhanden, was durch anderweitige technische sowie biologische und arbeitsorganisatorische Massnahmen zu kompensieren ist. Diese Massnahmen müssen so weit gehen, dass sie einen Schutz für Mensch und Umwelt gewährleisten, der mit demjenigen eines Gewächshauses oder einer Klimakammer gleichwertig ist, beispielsweise durch Insektennetze, das Einbeuteln der Blütenstände etc. Ob ein gleichwertiger Schutz erreicht werden kann, ist in hohem Masse von der Art und Kultivierung der verwendeten Organismen abhängig und verlangt eine fallweise Abklärung mit Zustimmung der Bewilligungsbehörden nach Artikel 12 der ESV⁴. Ansonsten kann eine Vegetationshalle nicht als geschlossenes System gelten.

⁴ Einschliessungsverordnung (ESV, SR 814.912): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

2 > Einschliessungspflichtige Organismen in Gewächshäusern

2.1 Einschliessungspflichtige Organismen

Ein Gewächshaus muss dann ein geschlossenes System sein, wenn darin mit einschliessungspflichtigen Organismen umgegangen wird. Unter «Umgang» ist jede beabsichtigte Tätigkeit, insbesondere das Verwenden, Verarbeiten, Vermehren, Verändern, Nachweisen, Transportieren, Lagern oder Entsorgen gemeint. Für Pflanzen beispielsweise ist dies die Lagerung und der Transport des Saatgutes sowie das Säen, Anpflanzen, Giessen, Inokulieren, Pflegen, Bonitieren und Ernten. Aufgrund der Kulturbedingungen, die ein Gewächshaus bietet, wird hauptsächlich mit Pflanzen und mit Organismen umgegangen, die mit ihnen assoziiert sind bzw. zusammen verwendet werden. Organismen sind jedoch in der Regel nicht steril, d. h. sie beherbergen ein Mikrobiom. Dieses wird nicht als Teil des Umgangs betrachtet, solange es sich nicht um eine absichtliche Verwendung bzw. Infektion handelt.

Einschliessungspflichtig sind nach Artikel 5 ESV⁵ die folgenden Organismen:

- > **gentechnisch veränderte Organismen** (in Hinblick auf die Verwendung von Gewächshäusern sind dies in erster Linie Pflanzen), die in der Schweiz nicht für das Inverkehrbringen in der Umwelt zugelassen sind;
- > **pathogene Organismen** (in Hinblick auf die Verwendung von Gewächshäusern sind dies in erster Linie einschliessungspflichtige pflanzenpathogene oder auch zusammen mit wirbellosen Kleintieren verwendete insektenpathogene Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Phytoplasmen, Viren, Endoparasiten). Einschliessungspflichtig sind insbesondere
 - besonders gefährliche Schadorganismen nach den Anhängen 1 und 2 der Verordnung über Pflanzenschutz (Pflanzenschutzverordnung, PSV)⁶ und
 - der Verordnung des BLW über vorübergehende Pflanzenschutzmassnahmen (VvPM)⁷,
 - bzw. den Listen A1 und A2 der European and Mediterranean Plant Protection Organisation⁸.

Nicht einschliessungspflichtig sind pathogene Organismen, die nach Art. 25 FrSV keine Bewilligung für die Freisetzung brauchen wie beispielsweise Organismen mit Bewilligung als Pflanzenschutzmittel⁹ oder als Biozidprodukt¹⁰.

⁵ Einschliessungsverordnung (ESV, SR 814.912): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

⁶ Pflanzenschutzverordnung (PSV, SR 916.20): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20101847/index.html

⁷ Verordnung des BLW über vorübergehende Pflanzenschutzmassnahmen (VvPM, SR 916.202.1): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20040272/index.html

⁸ EPPO, plant quarantine: www.eppo.int/QUARANTINE/quarantine.htm, Monitoring of genetically modified organisms, a policy paper: www.bafu.admin.ch/biotechnologie/11329/index.html?lang=de

> **Einschliessungspflichtige gebietsfremde Organismen**, also

- invasive **gebietsfremde Organismen**, die nach Anhang 2 der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV)¹¹ für den Umgang in der Umwelt verboten sind,
- Organismen die als **besonders gefährliche Schadorganismen** nach den Anhängen 1, 2 und 6 der Pflanzenschutzverordnung und nach der Verordnung des BLW über vorübergehende Pflanzenschutzmassnahmen gelten; sowie
- **gebietsfremde wirbellose Kleintiere** wie Gliederfüsser, Ringel-, Faden- und Plattwürmer.

Organismen einer Art, Unterart oder tieferen taxonomische Einheiten gelten nach Artikel 3, Buchstabe f ESV als gebietsfremd, wenn

- deren natürliches Verbreitungsgebiet weder in der Schweiz noch in den übrigen EFTA- und EU-Mitgliedstaaten (ohne Überseegebiete) liegt und
- sie nicht für die Verwendung in der Landwirtschaft oder dem produzierenden Gartenbau so gezüchtet worden sind, dass ihre Überlebensfähigkeit in der Natur vermindert ist.

Aus dieser Definition ergibt sich, dass ein Organismus auch dann als gebietsfremd gilt, wenn die betreffende Art zwar in den Ländern des EU/EFTA-Raums vorkommt, der Organismus selbst als Unterart oder tiefere taxonomische Einheit jedoch aus Gebieten ausserhalb der oben erwähnten Länder importiert wird.

Des Weiteren gilt ein Organismus nach wie vor als gebietsfremd, wenn die Art sich zwar in Europa etabliert und ausgebreitet hat, ihr natürliches Verbreitungsgebiet aber ausserhalb Europas liegt.

Auch wenn in einem Gewächshaus mit Organismen umgegangen wird, die nicht einschliessungspflichtig sind, muss nach Artikel 4 der ESV die nach den Umständen gebotene Sorgfalt angewandt werden. Es kann dazu sinnvoll sein, gewisse in der ESV aufgeführte allgemeine und besondere Sicherheitsmassnahmen anzuwenden, beispielsweise für den Umgang mit invasiven gebietsfremden Pflanzen auf der Schwarzen Liste¹² der Schweiz.

2.2 **Eigenschaften einschliessungspflichtiger Organismen, die sich auf die Sicherheitsmassnahmen von Gewächshäusern auswirken**

2.2.1 **Bewertung von Eigenschaften**

Im Allgemeinen sind die notwendigen Sicherheitsmassnahmen von den Eigenschaften der Organismen und der Art der Tätigkeit abhängig. Organismen sind einschliessungspflichtig, weil sie Krankheiten bei Menschen, Tieren und Pflanzen auslösen oder lästige und schädliche Einwirkungen auf die Umwelt haben können. Dies kann als Folge einer Ansiedlung oder Verbreitung der Organismen oder einer natürlichen Übertragung von Genen auf andere Organismen geschehen. Das Risiko, dass Organismen negative Effekte bei Mensch, Tier und Umwelt haben, ist auch von der Beschaffenheit des Lebensraumes abhängig, in welchen sie freigesetzt werden.

⁹ Freisetzungsverordnung (FrSV, SR 814.911): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20062651/index.html

¹⁰ Pflanzenschutzmittelverordnung (SR 916.161)

¹¹ Biozidprodukteverordnung (SR 813.12)

¹² info flora, Listen & Infoblätter: www.infoflora.ch/de/flora/neophyten/listen-und-infoblätter.html

Organismen mit einem hohen Risiko bedürfen einer hohen Sicherheitsstufe im Vergleich zu Organismen mit einem geringen Risiko. Zur Bestimmung der Sicherheitsstufe ist eine Risikobewertung erforderlich. Eine Anleitung zur Risikobewertung für alle Organismen und Tätigkeiten findet sich auf der Internetseite Biotechnologie des BAFU¹³ und in den Erläuterungen zur ESV¹⁴. Zu Gruppen zugordnete Organismen finden sich in den Organismenlisten des Bundes¹⁵. Für die Sicherheit eines Gewächshauses ist zudem relevant, dass nicht nur während des Betriebs, sondern auch bei einer Umnutzung, beim Umbau oder beim Abbruch ein Entweichen von überlebens- oder vermehrungsfähigen, einschliessungspflichtigen Organismen in die Umwelt durch eine ausreichende Dekontamination verhindert wird.

2.2.2 Gentechnisch veränderte Pflanzen

Gentechnisch veränderte Pflanzen werden in geschlossenen Systemen gehalten, um zu verhindern, dass sie sich durch ihr Austreten in der Umwelt vermehren, verbreiten oder auskreuzen oder dass durch ihr Austreten ein horizontaler Gentransfer stattfindet. Negativen Folgen auf die Landwirtschaft und das Ökosystem können beispielsweise resultieren, wenn die Möglichkeit einer Auskreuzung mit wilden Artverwandten besteht oder schutzwürdige Arten verdrängt werden. Diese Auswirkungen sind von der Art der Pflanze und ihrer gentechnischen Veränderung abhängig.

Modellpflanzen, die für molekulargenetische Studien eingesetzt werden, sowie viele landwirtschaftliche Arten, die in Gentechnologieprogrammen zur Anwendung kommen, sind in der Regel einjährige Pflanzen, die sich sexuell fortpflanzen. Solche Pflanzen bergen aufgrund ihrer Pollen- und Samenproduktion ein viel höheres Risiko, in die Umwelt zu gelangen, als vegetative Arten. Diesem Risiko zu begegnen ist bei der Planung von Gewächshäusern und dem Festlegen von sicheren Arbeitsabläufen für die Einschliessung gentechnisch veränderter Pflanzen zentral. Dies wird anhand eines Vergleichs von häufig eingesetzten Arten illustriert.

Mais (*Zea mays*) ist eine auskreuzende Art mit getrennten männlichen und weiblichen Blütenständen. Jede Rispe produziert mehrere Millionen Pollenkörner und stellt deshalb in Bezug auf die Einschliessung die grösste Herausforderung dar. Maispollen ist jedoch relativ gross ($700 \times 103 \mu\text{m}^3$) und siedelt sich im Feld bei mässigen Windgeschwindigkeiten meist über 98 % in einem Radius von 1 m rund um die Pflanze an¹⁶. Im windgeschützten Gewächshaus lagert sich der Pollen sehr schnell ab. Einschliessungsmassnahmen sind das Einbeuteln der Rispen, aber auch das Sauberhalten von Oberflächen, insbesondere dem Fussboden. Gegen das Entweichen von Pollen durch die Luft können Pollenfilter unterschiedlicher Stärken verwendet werden. Ausserdem können Maispflanzen durch Entfernen der männlichen Blüten einfach steril gemacht werden, um die Pollenproduktion zu verhindern. Des Weiteren können genetisch männlich sterile Linien verwendet werden, die kontrolliert bestäubt werden.

Maissamen sind gross (ca. $0,5 \text{ cm}^2$), wiegen ca. $500 \mu\text{g}$, sind optisch gut wahrnehmbar und treten in relativ geringer Zahl auf (mehrere Hundert pro Kolben). Sie verbleiben

¹³ BAFU Biotechnologie: www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01744/index.html?lang=de

¹⁴ BAFU Biotechnologie, Erläuterungen zur ESV: www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01744/01749/index.html?lang=de#sprungmarke0_2

¹⁵ BAFU Dokumentation, Einstufung von Organismen: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01614/index.html?lang=de

¹⁶ Raynor G.S., Ogden E.C., Hayes J.V. 1972: Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. Agron J 64:420–427

auch nach der Reifung auf dem Kolben. Daher können Maissamen einfach und ohne Verluste geerntet werden. Ein unbeabsichtigtes Entweichen von Saatgut kann mit einfachen organisatorischen und praktischen Massnahmen verhindert werden. Dazu zählen beispielsweise die Einbeutelung der Maiskolben während ihrer Entwicklung, die Ernte des Saatguts auf einer bestimmten, abgetrennten Arbeitsfläche im Gewächshaus, die Buchführung über die Saattmengen sowie Transport und Lagerung von Saatgut ausserhalb des Gewächshauses in stabilen, geschlossenen Behältern.

Die *Acker-Schmalwand* (*Arabidopsis thaliana*) ist hauptsächlich selbstbestäubend, weshalb das Freisetzen von Pollen kein signifikanter Faktor für die Bestimmung der Einschliessungsmassnahmen ist¹⁷.

Andererseits produziert Acker-Schmalwand viele sehr kleine Samen (5000–6000 pro Pflanze; 0,5 mm lang und 20–30 µg schwer), die aus den Schoten freigesetzt werden¹⁸. Daher besteht die wahrscheinlich höchste Entweichungsgefahr von gentechnisch veränderter Acker-Schmalwand bei der Samenproduktion und beim Umgang mit Saatgut. Da reife Pflanzen relativ klein sind, können blühende und versamende Pflanzen im Gewächshaus in sekundären Behältern eingeschlossen werden. Dies kann in Form von einfachen Blumenhülsen, wie sie Floristen verwenden, oder von im Handel erhältlichen Isolationseinheiten erfolgen. Diese sind dafür konzipiert, Pflanzen einzuschliessen und Samen zu ernten, bevor sie sich unkontrolliert an Orten ablagern, wo sie keimen können. Das Ernten und der Transport von Samen kann, wie vorgängig beim Mais erläutert, gehandhabt werden. Im Handel sind spezifisch für Acker-Schmalwand ausgelegte Kultur- bzw. Einschliessungssysteme erhältlich.

Nicotiana-Arten (Tabak) sind hauptsächlich selbstbestäubend, weshalb das Freisetzen von Pollen kein signifikanter Faktor für die Bestimmung der Einschliessungsmassnahmen ist.

Jede Pflanze produziert jedoch 10000 ganz kleine Samen (0,75 mm lang, 0,53 breit, 0,47 mm dick; 1000 Samen wiegen ca. 80 mg)¹⁹. Die beachtliche Grösse dieser Pflanzen verunmöglicht jedoch die Einschliessung in sekundären Behältern. Daher sind eine korrekte Gewächshausplanung, geeignete Hygienemassnahmen und der richtige Umgang mit Saatgut eine wichtige Basis für die Einschliessung von *Nicotiana* spp.

Weizen (*Triticum* spp.) ist hauptsächlich selbstbestäubend und produziert relativ geringe Mengen an Pollen mit relativ hohem Gewicht²⁰. Die Freisetzung von Pollen im Gewächshaus kann deshalb vernachlässigt werden. Sogar bei der manuellen Bestäubung, bei denen einzelne Antheren manipuliert werden, werden nur unerhebliche Pollenmengen freigesetzt. Werden männlich sterile Linien verwendet, entstehen keine Pollen. Daher reichen grundlegende Hygienemassnahmen aus, um gentechnisch veränderte Weizenpollen einzuschliessen.

¹⁷ ABRC, seed handling: abrc.osu.edu/seed-handling

¹⁸ Meinke D.W., Cherry J.M., Dean C., Rounsley S.D., Koornneef M. 1998: *Arabidopsis thaliana*: A model plant for genome analysis. *Science* 282:662–68

¹⁹ Akehurst B.C. 1981: *Tobacco*. 2nd ed. Longman Inc., New York

²⁰ OECD Consensus Document on the Biology of *Triticum aestivum* (Bread Wheat): [http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO\(99\)8&docLanguage=En](http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO(99)8&docLanguage=En)

Der Weizen hat wie der Mais einen festen Kornstiel auf der Rhachis des Blütenstandes, das wichtigste Domestikationsmerkmal bei beiden Pflanzen. Aus diesem Grund sowie wegen der stabilen Weizenähren und der relativ grossen Samen (45 mg) ist bei einem effizienten Umgang mit Saatgut das Entweichen von gentechnisch veränderten Weizensamen aus einem Gewächshaus sehr unwahrscheinlich.

Die beschriebenen kritischen Unterschiede zwischen diesen vier typischen Forschungspflanzen machen es sinnvoll, sowohl die Anzahl blühender Pflanzen als auch der Bereich des Gewächshauses, der von solchen Pflanzen belegt wird, möglichst klein zu halten. Zudem ist es strategisch von Vorteil Arten, die unterschiedliche Einschliessungsstrategien bzw. -massnahmen bedingen, nicht im selben Gewächshausraum zu kultivieren.

Tab. 1 > Unterschiede zu Befruchtung und Samen bei Mais, Ackerschmalwand, Tabak und Weizen

Art	Befruchtung	Pollen	Samen
Mais	fremdbestäubt	Millionen Pollenkörner, relativ gross, rasch absetzend	Gross, gut sichtbar, fester Sitz auf Kolben
Ackerschmalwand	selbstbestäubend	nicht von Bedeutung, da selbstbestäubend	Sehr viele kleine Samen, werden aus den Schoten freigesetzt.
Tabak	selbstbestäubend	nicht von Bedeutung, da selbstbestäubend	Sehr viele, sehr kleine Samen
Weizen	selbstbestäubend	nicht von Bedeutung, da selbstbestäubend	Gross, gut sichtbar, fester Sitz auf Kolben

Für die Einschliessung von Pollen und Samen ist auch ihre Lebensdauer massgebend. Pollen ist kurzlebig und hat in der Regel eine Lebensdauer von nur wenigen Minuten oder Stunden, stark abhängig von den Umweltfaktoren. Maispollen überleben im Feld normalerweise weniger als 20 Minuten nach der Freisetzung von der Anthere. Bei kühlem, feuchtem Wetter können sie jedoch bis zu mehreren Stunden überleben^{21, 22}. Ähnlich verhält es sich bei der Acker-Schmalwand. Pollen verliert innerhalb von 2 bis 3 Tagen seine Lebensfähigkeit²³. Die Lebensdauer von Weizenpollen variiert von mehreren Minuten bis zu 3 Stunden²⁴. Daher nimmt in einem Gewächshaus die Kontamination durch produzierte Pollen von gentechnisch verändertem Weizen mit der Zeit rasch ab²⁵. In vielen Fällen wird der Pollen durch Trocknen oder Eintauchen in Wasser sofort zerstört. Eine sofortige Inaktivierung kann auch mit üblichen chlorhaltigen Desinfektionsmitteln bewirkt werden.

Im Gegensatz zu Pollen wird die Lebensdauer bei Samen in der Regel in Jahren gemessen. Bei Maissamen aus Inzuchtlinien wird in Gebäuden mit offenen Lagerräumen und einem gemässigten Klima mit P50-Werten (Zeit bis nur noch 50 % der Samen keimfähig sind) von 9 bis 12 Jahren ausgegangen. Bis der vollständige Verlust der

²¹ Maize GDB, Controlled pollinations of maize: www.maizegdb.org/IMP/WEB/pollen.htm

²² Luna S., Figueroa J., Baltazar B., Gomez R., Townsend R., Schoper J.B. 2001: Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Sci* 41:1551–1557

²³ Pickert M. 1988: In vitro germination and storage of *trinucleate Arabidopsis thaliana* (L.) pollen grains. *Arabidopsis Inf. Serv.* 26

²⁴ Fritz S.E., Lukaszewski A.J. 1989: Pollen longevity in wheat, rye and triticale. *Plant Breeding* 102:31–34

²⁵ OECD Consensus Document on the Biology of *Triticum aestivum* (Bread Wheat):

[http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO\(99\)8&docLanguage=En](http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO(99)8&docLanguage=En)

Keimfähigkeit erreicht ist, vergehen über 20 Jahre^{26, 27}. Unter optimalen Bedingungen können Acker-Schmalwand²⁸ und Tabaksamen während mindestens 11 Jahren überleben²⁹. Weizensamen überleben bei Umgebungstemperaturen in einem gemässigten Klima während 6 bis 8 Jahren und unter optimalen Bedingungen während mindestens 20 Jahren³⁰. Aber auch unter optimalen Bedingungen kann es bei der Lebensdauer beträchtliche intraspezifische Schwankungen geben. Aufgrund der Langlebigkeit von Samen besteht die Möglichkeit, dass in einem Gewächshaus noch nach Jahren Pflanzensamen keimen können. Daher ist die Dekontamination von Gewächshausräumen oder -böden bei einem Rückbau oder Neuverwendung essentiell.

2.2.3 Verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen gemäss Anhang 2 FrSV

Die Einschliessung invasiver gebietsfremder Pflanzen ist notwendig, um zu verhindern, dass sie sich in der Schweiz ausbreiten und eine so hohe Bestandesdichte erreichen, dass dadurch die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt oder Mensch, Tier oder Umwelt gefährdet werden. Die Invasivität ist insbesondere von den in Tabelle 2 aufgeführten Eigenschaften abhängig. Werden gebietsfremde Pflanzen mit einem invasiven Potential in Gewächshäusern gezüchtet, müssen die Sicherheitsmassnahmen entsprechend stringent sein. Sie sind abhängig von der Anzahl und Grösse der Samen, der Pollenproduktion (selbstbestäubend oder nicht) sowie dem Ausmass der vegetativen Vermehrung (z. B. Wurzelmaterial).

²⁶ Nagel & Börner, The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. *Seed Sci Res* (2010).

<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7169384&fulltextType=RA&fileId=S0960258509990213>

²⁷ Royal Botanic Gardens Kew 2008: Seed Information Database (SID). Version 7.1. Available from: <http://data.kew.org/sid/> (May 2008)

²⁸ Handling Arabidopsis plants and seeds. Arabidopsis Biological Resource Center (The Ohio State University). <http://abrc.osu.edu/seed-handling>

²⁹ Priestley D.A., Cullinan V.I., Wolfe J. 1985: Differences in seed longevity at the species level. *Plant Cell Environ* 8:557–56

³⁰ Royal Botanic Gardens Kew. 2008: Seed Information Database (SID). Version 7.1. Available from: <http://data.kew.org/sid/> (May 2008)

Tab. 2 > Beispiele verbotener invasiver gebietsfremder Pflanzen nach der Freisetzungsverordnung³¹

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Eigenschaften, die für die Invasivität von Bedeutung sind.
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Aufrechte Ambrosie, Beifuss-blättriges Traubenkraut	Reife Samen bis zu 40 Jahren keimfähig und frostresistent, hohe Keimrate, konkurrenzfähiges Wachstum, enorm hohe Pollenproduktion
<i>Crassula helmsii</i>	Nadelkraut	Grosse Dominanzbestände durch vegetative Vermehrung in Fließgewässern
<i>Elodea nuttalli</i>	Nuttalls Wasserpest	Aus kleinsten Spross-Fragmenten entstehen neue Pflanzen, schnellwüchsige Wasserpflanze, profitiert von Wasserverunreinigung, salztolerant, toleriert niedrige Temperaturen und wenig Licht
<i>Heracleum mantegazzianum</i>	Riesenbärenklau	50 000 Samen an einer Pflanze, gut schwimmfähige Samen, gestörte und artenarme Lebensräume werden stärker besiedelt (Brache), bis 1850 m ü. M.
<i>Reynoutria</i> spp. (<i>Fallopia</i> spp., <i>Polygonum polystachyum</i> , <i>P. cuspidatum</i>)	Asiatische Staudenknöteriche inkl. Hybride	Verbreitung durch weitläufiges Wurzelwerk, aus kleinsten Stücken können neue Pflanzen austreiben, können in kleinste Ritzen von Mauern und Asphalt eindringen, Wurzeln bis 3 m tief.
<i>Senecio inaequidens</i>	Schmalblättriges Greiskraut	Bis zu 30 000 Samen an einer Pflanze pro Jahr, Windverbreitung der Samen, Besiedler von Ruderalflächen und Brachen, herbizidresistent und mähtolerant, breite ökologische Amplitude (Höhe, Trockenheit, Bodentyp)

Haben gebietsfremde Pflanzen ein invasives Potential ist ein negativer Effekt auf die Umwelt wahrscheinlich, wenn sie aus dem Gewächshaus entweichen. Folglich ist deren Einschliessung essentiell, insbesondere auch, wenn die Pflanzen in der Schweiz noch nicht vorkommen.

2.2.4 Pathogene Mikroorganismen, Pilze und Endoparasiten

Die Einschliessung pflanzenpathogener Mikroorganismen, Pilzen und Endoparasiten ist vor allem dann relevant, wenn es sich um besonders gefährliche Schadorganismen bzw. Quarantäneorganismen handelt. Sie werden in der Regel dann in Gewächshäusern statt Labors verwendet, wenn sie auf Pflanzen appliziert untersucht werden. Dies gilt auch für insektenpathogene Mikroorganismen, Pilze oder Endoparasiten, wenn sie zusammen mit pflanzenschädigenden Wirbellosen und Pflanzen verwendet werden.

Bei der Arbeit mit diesen Organismen stellt sich vor allem die Problematik der Verbreitung über Aerosole. Dieser Problematik kann mit der Verwendung einer mikrobiologischen Sicherheitswerkbank begegnet werden. Wird keine verwendet, sind Ersatzmassnahmen erforderlich, um eine Kontamination von Luft, Wasser, Abfall, Oberflächen, Geräten, Verbrauchsmaterial und Menschen zu verhindern, bzw. eine Kontamination zu beheben. Werden einzelne, abgetrennte Kabinen benutzt, kann vermieden werden, dass der gesamte Bereich eines Gewächshauses kontaminiert wird oder dass Organismen verschleppt werden. Weiter ist eine genügende Distanz zwischen infizierten und nicht infizierten Pflanzen von Vorteil, um unabsichtliche Kontamination und Verschleppen zu verhindern.

³¹ Freisetzungsverordnung (FrSV, SR 814.911): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20062651/index.html

Für die Einschliessung pathogener Mikroorganismen, Pilze und Endoparasiten ist es in diesem Zusammenhang auch relevant, ob sich vermehrungsfähige Einheiten (Sporen, vegetative Stadien, Eigenbewegung der Endoparasiten) von den Pflanzen lösen können. Sporen gewisser Pilze sind aerogen übertragbar, was eine Kontrolle der Luft erforderlich macht, andere über Wasser, wodurch die Kontrolle des Abwassers in den Vordergrund gestellt wird. Gewisse Pilzsporen verbreiten sich nur über Samen, was eine besondere Kontrolle der Samen erfordert.

Es kann sinnvoll sein, Versuche in eine Zeit zu legen, während der in der Umwelt die Wirtspflanzen nicht wachsen und, falls anwendbar, Organismen zu verwenden, die ohne Wirt nicht überleben können oder die so verändert wurden, dass ihre Überlebens- und Reproduktionsfähigkeit stark vermindert ist³².

Gewächshäuser werden in der Regel nicht für humanpathogene oder wirbeltierpathogene Mikroorganismen verwendet. Wenn pflanzen- oder insektenpathogene Mikroorganismen, Pilze oder Endoparasiten auch ein humanpathogenes Potential haben, ist das Expositionsrisiko des Personals zu berücksichtigen, vor allem bei der Vorbereitung der Inokula. Bei infizierten Pflanzen sind Massnahmen zur Verminderung des Expositionsrisikos und zum Personenschutz notwendig und es sind nicht nur die ESV sondern auch die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen (SAMV)³³ zu berücksichtigen.

2.2.5 Einschliessungspflichtige gebietsfremde wirbellose Kleintiere

Die Auswirkungen, die gebietsfremde Wirbellose haben können, wenn sie in einen neuen Lebensraum eingeführt werden, hängen sowohl von deren Eigenschaften, als auch vom neuen Lebensraum ab, bzw. wie weit dieser mit dem ursprünglichen Lebensraum vergleichbar ist. Insbesondere stellt sich die Frage nach:

- > den Klimaansprüche bzw. Überlebensfähigkeit im Winter in der Schweiz;
- > dem Wirtsspektrum;
- > den Generationszyklen und der Reproduktionsfähigkeit;
- > der Konkurrenzfähigkeit gegenüber einheimischen verwandten Arten;
- > dem Vorhandensein von Organismen, denen sie als Wirte dienen;
- > den Effekten auf Zielorganismen und dem Vorhandensein dieser Zielorganismen in der Schweiz;
- > den Effekten auf verwandte Arten und andere Nicht-Zielorganismen;
- > den Verbreitungsarten, bzw. dem Vorhandensein eines Vektors in der Schweiz, falls eine Verbreitung über einen Vektor stattfinden muss;
- > dem Vorhandensein von Kontrollmöglichkeiten;
- > usw.

Die Auswirkungen sind noch schwieriger zu beziffern, wenn die Eigenschaften der Wirbellosen auch in ihrem ursprünglichen Lebensraum nicht ausreichend bekannt sind.

³² NIH Guidelines for Research Involving Recombinant or Synthetic Nucleic Acid Molecules: http://oba.od.nih.gov/rdna/nih_guidelines_oba.html.
Appendix P-III-B: Biological Containment Practices (Microorganisms).

³³ SAMV (SR 832.321): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19994946/index.html

Tab. 3 > Beispiele gebietsfremder wirbelloser Kleintiere

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Beispielhafte Eigenschaften, die für deren Effekte auf die Umwelt von Bedeutung sind.
<i>Belonolaimus longicaudatus</i> ³⁴	Stachelnematode	Destruktivste Pflanzennematoden in Sandboden auch in gemässigtem Klima, befällt eine Vielzahl von Kulturpflanzen einschliesslich Baumwolle, Kartoffel, Karotte, Tomate, Blumenkohl, Zwiebel und Erdbeere, lokale Populationen können wirtsspezifisch sein, stechen Wurzeln an und lassen vor allem Jungpflanzen vollständig welken
<i>Ditylenchus dipsaci</i> ³⁵	Stengelälchen	Einer der Nematoden, der die höchsten Schäden bewirkt, polyphag, d. h. mind. 450 Wirtspflanzen, aber einzelne Populationen limitiert auf einzelne Pflanzenarten, weit verbreitet in gemässigtem Klima, persistent im Boden und daher schlecht bekämpfbar
<i>Spodoptera littoralis</i> ³⁶	Baumwolleulen-Motte	Polyphag, d. h. mind. 80 Wirtspflanzenarten einschliesslich wichtiger Kulturpflanzen, Resistenzen gegen viele Pestizide, keine biologische Schädlingsbekämpfungsmöglichkeit, in der Schweiz vor allem für Gewächshäuser (Gemüse- und Gartenbau) ein Problem.
<i>Diabrotica virgifera</i> ³⁷	Westlicher Maiswurzelbohrer	Breites Wirtsspektrum (Gurken, Leguminosen, Gräser), relevant Schädling auf Mais und Gurken, beinahe omnivor, d.h. befällt sämtliche Pflanzenteile, überwintern als Adulttiere und werden im Frühling sofort aktiv, gute Flieger und Verbreitung über Wind, Vektor für pflanzenpathogene Bakterien und Viren.

Die Einschliessung gebietsfremder wirbelloser Kleintiere stellt in einem Gewächshaus eine Herausforderung dar. Die geringe Grösse wirbelloser Kleintiere, ihre Fähigkeit, sich aktiv fortzubewegen bzw. zu fliegen und die Vielzahl, in der sie in der Regel für Versuche verwendet werden müssen, sind zu berücksichtigen. Wirbellose Kleintiere bewegen sich zum Teil sehr schnell, sind schwierig zu verfolgen und können auf Wänden, Decken und auf umgekehrten Flächen gehen. Die enorme Vielfalt der wirbellosen Kleintiere sowie deren speziellen biologischen Eigenschaften, wie z. B. der Wechsel der Stadien (Larven, Puppen, Adulte), erfordern unterschiedliche Haltungsbedingungen und unterschiedliche Einschliessungsmassnahmen.

Sind sie einmal in die Umwelt gelangt, lassen sich gewisse wirbellose Kleintiere nur schwierig verfolgen und stellen insbesondere ein Problem dar, weil sie sich nicht nur aktiv fortbewegen, sondern weil sie auch leicht mit dem Wind oder angeheftet an Tiere und Fahrzeuge über grosse Distanzen verbreitet werden können. Zudem können Wirbellose durch Überdauerungsformen (z. B. die Fähigkeit einiger Insekten in Diapause zu gehen, Trockenheit-resistente Eier von *Aedes albopictus*) günstige Umweltbedingungen durch Jahreszeitwechsel oder menschliche Aktivitäten ausnutzen und somit neue Habitate kolonisieren³⁸.

Für Versuche mit wirbellosen Kleintieren werden deshalb in der Regel spezielle Kulturbehälter und Labors oder Klimakammern anstelle von Glashäusern verwendet. Für die Versuche mit befallenen Pflanzen werden, wenn möglich, lichtdurchlässige Behäl-

³⁴ CABI Datasheet für *Belonolaimus longicaudatus*: www.cabi.org/lsc/?compid=5&dsid=8892&loadmodule=datasheet&page=481&site=144

³⁵ EPPO A2 list, Datasheet für *Ditylenchus dipsaci*: www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm

³⁶ EPPO A2 list, Datasheet für *Spodoptera littoralis*: www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm

³⁷ EPPO A2 list, Datasheet für *Diabrotica virgifera*: www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Diabrotica_barberi/DIABSP_ds.pdf

³⁸ Sanders et al. Invasive arthropods. Rev Sci Tech (2010). http://web.oie.int/boutique/index.php?page=ficprod&id_prec=812&id_produit=983&fichrech=1&PHPSESSID=33cdcca1954e64234c955f2cd3e3c3e&lang=en

nisse verwendet, die gross genug sind, um die wachsenden Pflanzen zu beinhalten. Die Belüftung wird dabei mit Netzen gewährleistet, die für die verwendeten wirbellosen Kleintiere undurchlässig sind. Für die Umsiedlung oder Applikation flugfähiger Arten ist Immobilisierung durch vorhergehende Kühlung und das Arbeiten unter einem Abzug die Methode der Wahl. Werden wirbellose Kleintiere offen auf Pflanzen angewandt, handelt es sich dabei meist um nicht flugfähige Arten oder Stadien und es werden abgetrennte Abteile im Gewächshaus verwendet. Zudem wird durch geeignete Behältnisse (steiler, unpassierbarer Rand) oder Wasserbecken das Entweichen verhindert.

Eine gute Kontrolle der Ein- und Austrittspforten ist essentiell. Die Durchführung der Versuche während einer Jahreszeit, in welcher ein Überleben in der Umwelt nicht möglich ist, ist ein Vorteil. Weitere Vorteile bieten biologische Einschliessungsmassnahmen, beispielsweise die Verwendung nicht-fliegender oder nicht-flugtüchtiger Wirbelloser oder aber die Verwendung steriler Stämme oder solcher, die mit Pflanzen assoziiert sind, die in der Umgebung des Gewächshauses nicht vorkommen³⁹.

³⁹ NIH Guidelines for Research Involving Recombinant or Synthetic Nucleic Acid Molecules: http://oba.od.nih.gov/rdna/nih_guidelines_oba.html. Appendix P-III-C: Biological Containment Practices (Macroorganisms).

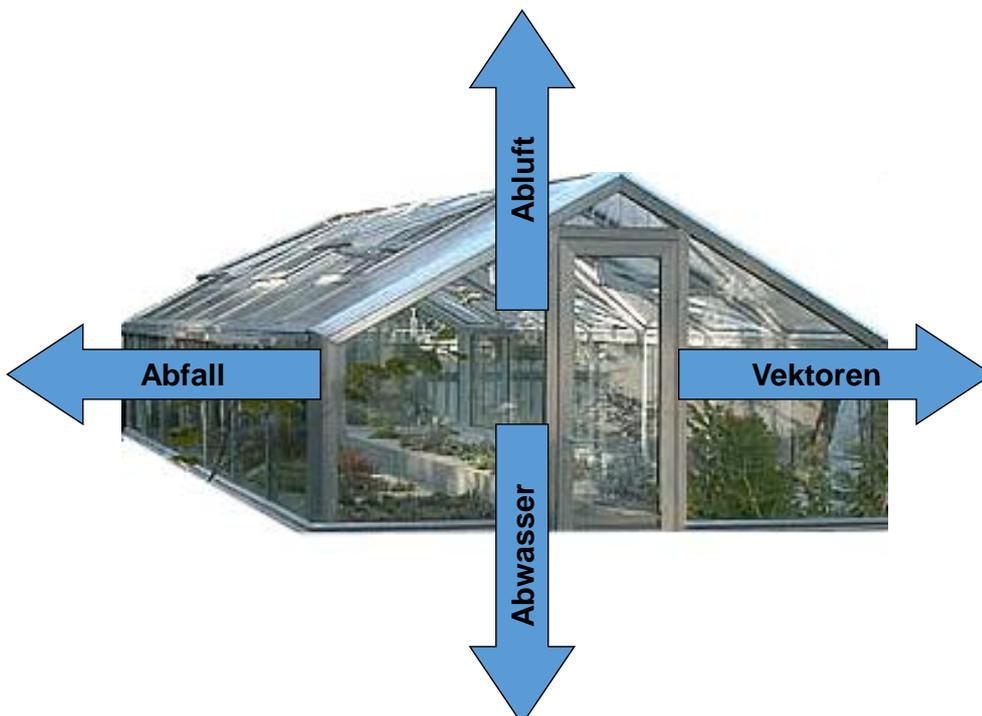
3 > Massnahmen zur biologischen Sicherheit von Gewächshäusern

3.1 Einschliessungsprinzipien

Soll ein Gewächshaus als geschlossenes System im Sinne der ESV gelten, so sind Massnahmen zur Minimierung oder Verhinderung des Austrittes von einschliessungspflichtigen Organismen in die Umwelt zu treffen. Ein Austritt kann über vier Pfade erfolgen: über das Abwasser, mit dem Abfall, über die (Ab)luft (z. B. die Belüftung des Gewächshauses) oder über Vektoren wie Menschen, Tiere und Arbeitsgeräte.

Das Prinzip der Einschliessung beruht darauf, diese Austrittspfade zu kontrollieren, d. h. einschliessungspflichtige Organismen in oder auf ihnen zu entfernen oder zu inaktivieren, bevor ein Kontakt mit der Umwelt stattfindet. Diese Kontrollmassnahmen können allgemeiner, und nicht gewächshauspezifischer Art sein, oder aber eine Kombination von sehr spezifischen baulichen Konstruktionen, technischen Installationen und Arbeitspraktiken. Dies gilt sowohl für den Normalbetrieb als auch bei Vorfällen.

Abb. 2 > Austrittspfade von Organismen aus einem Gewächshaus



Zudem sollte vor einer Umnutzung, einem Umbau oder einem Rückbau des Gewächshauses oder nach einem Wechsel der Aktivität gewährleistet werden, dass keine einschliessungspflichtigen Organismen und deren vermehrungsfähigen Organe (Samen, Pollen, Wurzelteile, Sporen, Eier ...) in die Umwelt gelangen können.

Die Einschliessungsmassnahmen müssen gemäss Anhang 4 Ziffer 2.1 Bst. b ESV dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen. Dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen Sicherheitsmassnahmen, die bei vergleichbaren Betrieben und Anlagen im In- und Ausland erfolgreich eingesetzt oder bei Versuchen mit Erfolg erprobt worden sind und auf andere Betriebe übertragen werden können.⁴⁰

Im Sinne der Qualitätssicherung ist die Evaluation der Wirksamkeit der Sicherheitsmassnahmen nicht nur bei der Planung relevant, sondern auch nach der Installation und während des Betriebs zu überprüfen. Geeignete Überwachungsmethoden sind beispielsweise das Testen von thermisch inaktiviertem Boden auf keimfähiges Pflanzenmaterial oder das Testen von Abwasser auf das Vorhandensein von Pollen. Ebenso ist die Wirksamkeit der Methoden zum sicheren Umbau oder Abbruch eines Gewächshauses zu evaluieren, damit auch in dieser Situation das Entweichen einschliessungspflichtiger Organismen in die Umwelt verhindert wird (Siehe auch Kapitel 3.8).

3.2 Sicherheitsrelevante Grundsätze bei der Planung und Konstruktion von Gewächshäusern

Die Anforderungen an die Konstruktion eines Gewächshauses müssen auf die klimatischen Bedingungen und die Grösse der Anlage sowie die Art der Organismen und Klassen der Tätigkeiten abgestimmt werden (Ausrichtung bezüglich Sonneneinstrahlung, Gebäudestruktur bezüglich Schneelast, Höhe in Hinblick auf die zu kultivierenden Pflanzen, Unterteilung in einzelne Kabinen in Hinblick auf parallele Tätigkeiten unterschiedlicher Sicherheitsstufen).

Zusätzlich sollte bereits bei der Planung darüber nachgedacht werden, wie in Zukunft allenfalls eine kontrollierte Umnutzung oder ein kontrollierter Abbruch stattfinden können. Dies bezieht sich vor allem auf die Möglichkeiten der Dekontamination der Räumlichkeiten. Die Inaktivierung einschliessungspflichtiger Organismen kann technisch schwierig und zeitaufwändig sein, vor allem bei der Verwendung von Pflanzenbeeten, bei Pflanzen mit einer Vielzahl kleiner Samen oder bei Mikroorganismen oder Wirbellosen im Boden (Siehe auch Kapitel 3.7).

Der Standort für ein Gewächshaus ist insofern relevant, als dies eine Sicherheitsmassnahme sein kann, z. B. wenn ein Gewächshaus in einem Gebiet liegt, welches bei einem unfallmässigen Entweichen von Organismen wenig oder nicht empfindlich auf die entweichenden Organismen ist. Zusätzlich sollten Massnahmen der Sicherheit zum Schutz vor Missbrauch und Vandalismus (Zäune, Sicherheitsglas, Zutrittskontrollen, Überwachungskameras) beachtet werden, falls dadurch die Einschliessung von Organismen und somit die Umwelt gefährdet werden könnten.

⁴⁰ Definition in Handbuch II zur Störfallverordnung www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01702/index.html?lang=de

Um lange externe Transporte auszuschliessen ist es sinnvoll, Gewächshäuser auf dem Areal oder in der Nähe einer Institution zu bauen.

Für die Konstruktion von Gewächshäusern können die folgenden baulichen Massnahmen der biologischen Sicherheit dienen⁴¹.

- > Ein Windschutz (Zaun, Wand, Hecke, Bäume) zum Schutz des Gewächshauses vor Sturmschäden (Achtung Bäume können Gewächshaus auch beschädigen);
- > Ein Fundament aus Beton, Betonblöcken, Ziegel oder ähnlichem Material;
- > Ein Fundament unter der Grundlinie und zudem über der Grundlinie hochgezogen, um eine stabile Konstruktion zu gewährleisten;
- > Böden und anderes Material undurchlässig für die verwendeten Organismen und resistent gegenüber Desinfektionsmitteln und ätzenden Substanzen;
- > Ein Rahmen und Glas genügender Stärke, um die Wände und Decken zu halten und um Wetterbedingungen wie Stürmen, Hagel und Schnee (Achtung: Bäume, die auf das Gewächshaus fallen könnten) oder auch Vandalismus standzuhalten:
 - Aus diesem Grund sind Plexiglas, Sicherheitsglas und Draht-verstärktes Glas akzeptierbar für Wände und Decken, nicht aber Polyethylen, Vinyl oder Plastik.
 - Eine Aussenschattierung kann gleichermassen als Hagelschutz Verwendung finden.
 - Wände- und Deckeneinheiten an die Rahmen fixieren und aussen und innen mit geeignetem Material abdichten.
 - Profile mit möglichst kleinen Oberflächen verwenden, um die Reinigung und Dekontamination zu erleichtern.
- > An jedem Eingang, der direkt nach aussen führt, ein Vorraum.
- > Türen nach aussen schliessbar.
- > Lüftungssystem und Rohre für das Gewächshaus so konstruiert, dass sie kein Entweichen von Organismen erlauben (Möglichkeiten sind Netze, Filter, Unterdruck...).

In Hinblick auf eine rasche und erfolgreiche Dekontamination im Falle einer Umnutzung, eines Umbaus oder eines Abbruchs eines Gewächshauses sind die folgenden baulichen Eigenschaften von Vorteil:

- > Der Bereich im Gewächshaus, in welchem einschliessungspflichtige Organismen gehalten werden, wird auf ein Minimum beschränkt, um die zu dekontaminierende Zone minimal zu halten.
- > Boden und Wände aus nicht-porösem Material, von welchem organismenhaltiges Material (Samen, Pflanzen, Pollen, Sporen...) einfach entfernt werden kann, beispielsweise durch Aufsaugen oder Abbrennen. Kies und Zementblöcke mit Fugen sollten beim Neu- oder Umbau von Gewächshäusern deshalb nicht verwendet werden. Unzugängliche Nischen vermeiden.
- > Abgedichtete Verbindungen für Kabel und Röhren sowie abgerundete Ecken und Kanten, um zu verhindern, dass vermehrungsfähiges Material abgelagert oder abgefangen werden kann.

⁴¹ APHIS containment guidelines for arthropods: www.aphis.usda.gov/plant_health/permits/downloads/arthropod_biocontrol_containment_guidelines.pdf

- > Ein System für das Sammeln von Abwasser innerhalb des Gewächshauses zur nachträglichen Inaktivierung.
- > Bei der Bauweise und Einrichtung (Tische, Rohre, Beschattung) darauf achten, dass sie einfach zu reinigen sind.
- > Für bestimmte Situationen kann eine Begasungseinrichtung zur Dekontamination sinnvoll sein, beispielsweise wenn trockenheitsresistente Pollen, Sporen oder Mikroorganismen über Aerosole im ganzen Bereich verteilt werden und eine Dekontamination auf eine andere Art nicht ausreichend ist.
- > Das Abtrennen eines Raumes für das Öffnen von Lieferung und Lagerung von Samen begrenzt deren unfallmässigen Verbreitung.

Bei Gewächshäusern mit hohem Gefährdungspotenzial (Stufe 3) sind nicht nur die Austrittspfade im Normalbetrieb, sondern auch die Folgen eines möglichen Zwischenfalles, d. h. eines ausserordentlichen Ereignisses mit Auswirkungen auf die Umgebung, zu berücksichtigen und entsprechende Massnahmen zu planen (Störfallverordnung vom 27. Februar 1991⁴²).

Je nach Eigenschaften und Risiko der verwendeten Organismen kann die Einrichtung einer Notstromanlage erforderlich sein, beispielsweise um bei einem Stromausfall die Aufrechterhaltung des Unterdruckes zu gewährleisten. Die Installation von gasdichten Klappen, die bei einem Stromausfall automatisch schliessen, kann eine Alternative zu Notstrom sein. Ein Alarmsystem zur Wahrnehmung von gebrochenem Wand- und Deckenelementen und Monitoring auf Risse und Brüche können essentiell sein. Die Installation von Rauchmeldern ermöglicht ein frühzeitiges Einschreiten bei Feuer.

Es scheint selbstverständlich, dass Gewächshäuser nicht in einem Gebiet gebaut werden, welches besonders schützenswert ist, an ein besonders schützenswertes Gebiet angrenzt oder sich in einer Gefahrenzone befindet (Überflutung, Erdbeben, Lawinen).

3.3 **Allgemeine Sicherheitsmassnahmen zur Organisation der Arbeit in Gewächshäusern**

Jede Sicherheitsmassnahme ist nur so gut wie ihre Einhaltung und Umsetzung. Dabei ist trotz vielfältiger technischer Möglichkeiten der Faktor Mensch ausschlaggebend. Ob die Sicherheitsmassnahmen umgesetzt und eingehalten werden, hängt unter anderem von der Sicherheitsphilosophie einer Institution und der darauf basierenden Instruktion sowie Aus- und Weiterbildung der Mitarbeitenden ab. Dabei sind Wissensvermittlung und Motivation sich ergänzende Faktoren.

3.3.1 **Allgemeine Sicherheitsmassnahmen in Hinblick auf den Betrieb von Gewächshäusern**

In Hinblick auf die Einschliessung von Organismen ist der vielleicht wichtigste, aber auch einfachste Grundsatz das Einhalten einfacher Hygienemassnahmen, d. h. Ordnung und Sauberkeit um zu gewährleisten, dass sich Organismen nicht an Orten befinden, wo sie nicht sein sollen.

⁴² Störfallverordnung (StfV, SR 814.012): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910033/index.html

Unabhängig von der Art der Anlage und der Klasse der Tätigkeit verlangt die ESV (Anhang 4, Ziffer 1) für jeden Umgang mit einschliessungspflichtigen Organismen die Einhaltung allgemeiner Sicherheitsmassnahmen. Diese Massnahmen sind nicht nur in Hinblick auf den Betrieb, sondern auch auf eine allfällige Umnutzung oder den Umbau oder Abbruch eines Gewächshauses relevant. Die besondere Bedeutung dieser allgemeiner Massnahmen bzw. Anforderung für Gewächshäuser wird im Folgenden erläutert.

Tab. 4 > Allgemeine Sicherheitsmassnahmen (AGM) in Zusammenhang mit dem Betrieb eines Gewächshauses

	AGM ESV	Kommentare
a.	Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Baukunde bei Errichtung und Unterhalt von Bauten und Anlagen, insbesondere im Hinblick auf deren Festigkeit, die Sicherheit von Personen und Sachen sowie den Brandschutz;	Siehe Abschnitt 3.2
b.	Einhaltung des betrieblichen Sicherheitskonzeptes und der dazugehörigen Betriebsanweisungen und Verhaltensregeln;	Das Sicherheitskonzept ⁴³ regelt die Verfahren, die Verantwortlichkeiten und die Kompetenzen in Zusammenhang mit der Einhaltung der Einschliessungsmassnahmen. Es bestimmt Betriebsanweisungen, Arbeitsanweisungen und Verhaltensregeln für den Normalbetrieb und für Unfälle, Störfälle oder Rückbau. Insbesondere bezüglich Umnutzung sind Ablaufanweisungen wichtig, damit eine spätere Kontamination oder ein späteres Entweichen von einschliessungspflichtigen Organismen verhindert werden kann. Da im Zusammenhang mit der Verwendung von Gewächshäusern meist vielerlei Vorbereitungs- und Folgearbeiten in anderen Räumlichkeiten ausgeführt werden, ist ein wichtiger Punkt im Sicherheitskonzept das Festlegen der Prozesse für das kontrollierte Ein- und Ausbringen einschliessungspflichtiger Organismen.
c.	Einsatz von mindestens einer Person für die Überwachung der biologischen Sicherheit; sie muss sowohl in fachlicher Hinsicht als auch in Sicherheitsfragen über ausreichende Kenntnisse zur Erfüllung ihrer Aufgabe verfügen; zu ihrer Aufgabe gehört insbesondere die Erstellung, Aufdatierung und Umsetzung des Sicherheitskonzeptes, die Information, Beratung und Schulung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die Überprüfung der Einhaltung der Biosicherheitsregeln und die Kommunikation mit den Behörden bezüglich Meldungen, Bewilligungsgesuchen, Sicherheitsmassnahmen und dem Sicherheitskonzept;	Die bauliche und technische Gestaltung von Gewächshäusern unterscheidet sich deutlich von derjenigen von Laboratorien. Die Fachkenntnisse von Biosicherheitsverantwortlichen sollten deshalb nicht nur auf die in Gewächshäusern verwendeten Organismen ausgerichtet sein, sondern auch auf die spezifischen Anforderungen an die Einschliessungsmassnahmen von Gewächshäusern. Obwohl nicht gefordert, ist es für einen Betrieb zudem wertvoll, wenn die Biosicherheitsverantwortlichen bei der Planung Bauten, Abbrüchen, Umbauten oder technischen Veränderungen am Gewächshaus miteinbezogen werden, um späteren Problemen mit der Etablierung und Einhaltung von Sicherheitsmassnahmen vorzubeugen.
d.	Einsatz von genügend und in Sicherheitsfragen ausreichend ausgebildetem Personal;	Die Arbeitspraktiken und Sicherheitsmassnahmen sind für den Umgang mit Organismen in Gewächshäusern sehr spezifisch. Diese Tatsache ist bei der Ausbildung des Personals zu berücksichtigen. Eine nachvollziehbare Begründung der Notwendigkeit der spezifischen Sicherheitsmassnahmen ist für deren Umsetzung in die Praxis entscheidend. Über das richtige Verhalten in einem geschlossenen System informiert werden sollten auch Besucher und Unterhaltspersonal.

⁴³ Vollzugshilfe Sicherheitskonzept des BAFU: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00094/index.html?lang=de

	AGM ESV	Kommentare
e.	Einhaltung der Grundsätze der guten mikrobiologischen Praxis (diese sind in Anhang 3 der SAMV ⁴⁴ beschrieben), einschliesslich der Bereitstellung von Wasch- und Dekontaminationseinrichtungen für das Personal;	Es sind alle Grundsätze zu berücksichtigen, die für die Arbeit in Gewächshäusern relevant sind, beispielsweise sind die Arbeitsräume aufgeräumt und sauber zu halten und nur die tatsächlich benötigten Materialien und Geräte bereitzuhalten.
f.	Angemessene Kontrolle und Wartung der Überwachungsmassnahmen und der Ausrüstung;	Technische Massnahmen und Ausrüstung, welche die Funktion haben, Organismen einzuschliessen, erfüllen ihren Zweck nur, wenn sie funktionsfähig sind. Deshalb ist ihre Kontrolle und Wartung wichtig.
g.	Bei Bedarf Testen des Vorkommens verwendeter und lebensfähiger Organismen ausserhalb der primären physikalischen Schranken;	Siehe Kapitel 3.8.
h.	Benützung geeigneter Aufbewahrungsmöglichkeiten für Geräte und Materialien, die kontaminiert sein könnten;	Bezüglich Gewächshäuser ist diese Anforderung vor allem für die Aufbewahrung von Behältern mit grösseren Mengen an Pflanzenmaterial, Boden oder Abwasser relevant, wenn diese vor dem Entsorgen inaktiviert werden müssen. Räumlichkeiten zur Dekontamination von Werkzeugen sind notwendig, falls diese nicht nach der Verwendung autoklaviert werden. Dies gilt auch für die Aufbewahrung von Arbeitskleidung und Schuhen. Werkzeuge möglichst dort putzen, wo es benutzt wurde, um eine Verschleppung von Organismen zu vermeiden. Um eine Verschleppung von Organismen zu verhindern, soll kontaminiertes Material vor Ort verpackt werden, wenn es zur Dekontamination aus dem Gewächshaus in eine andere Räumlichkeit transportiert werden muss.
i.	Bereitstellung wirksamer Dekontaminations- und Desinfektionsmittel und -verfahren für den Fall eines Austretens von Organismen;	Diese Anforderung bezieht sich sowohl auf das Austreten von Organismen aus Gefässen innerhalb des Gewächshauses, als auch auf das Entweichen aus dem Gewächshaus. Die Dekontamination ist abhängig von der Art der Organismen, d. h. ihrer Überdauerungsfähigkeit und Resistenz gegenüber Desinfektionsmitteln. Methoden der Inaktivierung sind ausser der Anwendung chemischer Desinfektions- oder Pflanzenschutzmittel auch das Eintauchen in heisses Wasser, das Gefrieren, das schnelle Erhitzen, das Trocknen, die Anwendung trockener Hitze, die Anwendung von heissem Dampf, das Autoklavieren, das Begasen oder die Anwendung von Pestiziden bzw. Herbiziden. Die Dekontamination von Samen benötigt eine Kombination von Massnahmen. Es gibt nur sehr wenige chemische Mittel (wenn überhaupt), die durch Sprühen oder Begasung Samen in einem kontaminierten Gewächshaus oder Boden inaktivieren können. Hitze, in der Regel in Form von Dampf, ist zwar effektiv, kann in der Anwendung jedoch umständlich sein. Eine weitere Strategie zur Beseitigung von Samen besteht darin, im Gewächshaus Bedingungen, die die Keimung fördern, aufrechtzuerhalten und danach Vorauflauf- oder Nachauflauf-Herbizide einzusetzen. Dieser Ansatz sollte eine mögliche Ruhephase des Saatguts berücksichtigen, die die Keimung unter optimalen Bedingungen nicht nur verzögert, sondern die zudem eine sehr breite Streuung der Keimzeiten einzelner Samen bewirken kann. Je nach Methode kann eine Dekontamination folglich einen sehr zeitintensiven Prozess darstellen; hinzu kommt die Zeit, die erforderlich ist, um zu beobachten, ob der Prozess erfolgreich war (Siehe auch Kapitel 3.8). Für Verfahren, für welche der Stand der Technik nicht etabliert ist, ist die Methodvalidierung essentiell, beispielsweise bei der Inaktivierung

⁴⁴ SAMV (SR 932.321): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19994946/index.html

	AGM ESV	Kommentare
		von Pflanzen oder wenn grosse Volumina zu dekontaminieren sind. Bei den Verfahren sind nicht nur Austrittspfade miteinzubeziehen, sondern auch die Tatsache, dass Wirbellose sich aktiv bewegen können und für Samen und Pollen nach dem Austritt aus dem geschlossenen System nur sehr limitierte Inaktivierungsoptionen bestehen.
j.	Massnahmen gegen allfällige (einge-drungene*) Schädlinge und Ungeziefer.	Das Auftreten von Wirbellosen und Nagetieren ist zu überwachen und zu bekämpfen. Sie sollen nicht nur am Eindringen, sondern auch am anschliessenden Entweichen gehindert werden, damit sie nicht zu Vektoren für einschliessungspflichtige Wirbellose, gentechnisch veränderten Pollen und Samen oder pathogene Mikroorganismen werden. Ein integriertes Schädlingsmanagementprogramm legt bauliche und technische Einrichtungen (Vermeiden von Nischen, Abdichten, Ausgrenzen), Verfahren (Reinigung) und Arbeitsabläufe (Fangen, Gefrieren) fest. Dadurch sollen die Schädlinge mit einem minimalen Einsatz von Pestiziden kontrolliert werden. Pestizide wo möglich nicht präventiv verwenden und wenn doch, dann unter Abwägung von Wirksamkeit und Sicherheit. ⁴⁵

* Diese Massnahme bezieht sich in erster Linie darauf, das Eindringen von Ungeziefer zu verhindern.

3.3.2 Organisatorische Massnahmen in Hinblick auf den Rückbau von Gewächshäusern

Der Aufwand für einen Rückbau eines Gewächshauses hängt auch von der Effizienz ab, mit welcher während des Betriebs mit geeigneten Sicherheitsmassnahmen ein Entweichen von einschliessungspflichtigen Organismen aus den für den Umgang vorgesehenen Behältern und kontrollierten Arbeitsbereichen verhindert wurde.

Zur Vereinfachung eines Rückbaus eines Gewächshauses sind deshalb folgende organisatorische Massnahmen während des Betriebs empfehlenswert:

- > Denjenigen Arbeitsbereich im Gewächshaus auf ein Minimum beschränken, in welchem blühende gentechnisch veränderte Pflanzen oder mit pathogenen Mikroorganismen, Pilzen oder Parasiten infizierte Pflanzen gehandhabt oder kultiviert werden. Der Rückbau beschränkt sich dadurch im Wesentlichen auf diesen Arbeitsbereich.
- > Aufzeichnungen darüber aufbewahren, in welchen Arbeitsbereichen verschiedene einschliessungspflichtige Organismen gezüchtet bzw. kultiviert wurden, sodass beim späteren Rückbauprozess nachvollzogen werden kann, welche Dekontaminationsmassnahmen für den Rückbau notwendig sind. Dies ist vor allem für einschliessungspflichtige Organismen notwendig, die lange unter Gewächshausbedingungen überdauern können. Die Überdauerungsfähigkeit bestimmt auch die Aufbewahrungsdauer der Aufzeichnungen.
- > Unterschiedliche einschliessungspflichtige Organismen, z. B. blühende und nicht blühende gentechnisch veränderte Pflanzen oder mit oder ohne gebietsfremde wirbellose Kleintiere behandelte Pflanzen voneinander trennen und in gekennzeichneten Gewächshäusern oder getrennten Abteilen kultivieren bzw. lagern (in gekennzeichneten Töpfen oder Behältern). So sind die prioritären Bereiche für eine Dekontamination bei einem Rückbau bekannt.

⁴⁵ Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (5th ed.), CDC: www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/

- > Ausreichende Dekontaminationsverfahren sind im Hinblick auf eine zukünftige Umnutzung, einen künftigen Umbau oder Abbruch essentiell. Sonst besteht je nach Anzahl, Verschleppungsrisiko und Überdauerungsfähigkeit von Samen das Risiko, dass es nach einem Rückbau zum Keimen von Pflanzen kommt. Das Risiko einer Verschleppung von pathogenen Mikroorganismen, Pilzen, Endoparasiten und Wirbellosen bei einem Rückbau nach unzureichender Dekontamination hängt von ihrer Reproduktionsart, ihrer Lebensdauer, ihrer Empfindlichkeit gegenüber Umwelt- und chemischen Faktoren sowie derjenigen ihrer Diasporen und ihrem Lebenszyklus ab, aber auch davon, ob sie zum Beispiel obligate Parasiten oder Saprophyten sind.
- > Um zu verhindern, dass bei einem Rückbau ungewollt einschliessungspflichtige Organismen in die Umwelt gelangen, sollten der Fussboden und die Tische von Gewächshäusern/Abteilen häufig gereinigt werden, z. B. durch Staubsaugen (Staubsauger mit High Efficiency Particulate Airfilter (HEPA-Filter)), insbesondere bei blühenden Pflanzen. Es können Roboterstaubsauger zur Verfügung stehen, die gemäss einem regelmässigen automatischen Plan zum Einsatz kommen.
- > Die Gewächshäuser regelmässig inspizieren, z. B. hinsichtlich Pflanzenabfällen, Fremdsaat und keimenden Pflanzen, die «wild» geworden sind.
- > Für den Umgang mit gentechnisch veränderten oder pathogenen Organismen der Gruppe 3 und 4 (nicht aber für gebietsfremde Organismen) ist nach Artikel 13 der ESV eine gesetzliche Haftpflicht erforderlich. Diese ist für die Dauer der Tätigkeit erforderlich und auf 10 Jahre nach Beenden der Tätigkeit beschränkt.

3.4 Besondere Sicherheitsmassnahmen für den Betrieb von Gewächshäusern

Bei den in Gewächshäusern verwendeten einschliessungspflichtigen Organismen handelt es sich in der Regel nicht um humanpathogene, sondern um pflanzenpathogene Mikroorganismen, Pilze oder Endoparasiten. Deren Eigenschaften können einen negativen Effekt auf die Umwelt haben. Aus diesem Grund sind die Sicherheitsmassnahmen auch spezifisch in Hinblick auf die Verhinderung von Umweltschäden auszulegen und anzupassen.

Für Tätigkeiten der Klasse 1 und 2 ist das Entweichen von einschliessungspflichtigen Organismen in die Umwelt durch die besonderen Sicherheitsmassnahmen der Stufen 1 bzw. 2 zu minimieren, für Tätigkeiten der Klasse 3 und 4 durch die besonderen Sicherheitsmassnahmen der Stufen 3 bzw. 4 zu verhindern (Anhang 4 Ziffer 2.1 ESV). Sie gelten für gentechnisch veränderte, pathogene und einschliessungspflichtige gebietsfremde Organismen (Art. 12 Abs. 2 ESV).

Für einschliessungspflichtige gebietsfremde Organismen gelten sie sinngemäss (Anhang 4 Ziffer 2.2 ESV). Sinngemäss bedeutet, dass Sicherheitsmassnahmen getroffen werden, um dieselben Schutzziele zu erreichen wie für andere einschliessungspflichtige Organismen, d. h. das Entweichen von Organismen zu minimieren (Stufe 1 und 2), bzw. zu verhindern (Stufe 3). Die Massnahmen sollen aber Sinn machen, d. h. an die Art der Organismen, insbesondere Wirbellose, angepasst sein (siehe auch Kapitel 3.4.4).

Für verbotene gebietsfremde Pflanzen nach Anhang 2 der Freisetzungsverordnung kann die Richtlinie, Containment Facility Guidelines for Noxious Weeds and Parasitic Plants⁴⁶ des US Landwirtschafts- und des Pflanzenschutzdienstes APHIS des US Landwirtschaftsdepartementes zusätzlich Unterstützung geben.

Gewächshäuser der Stufe 1 und 2 sind relativ einfach in der Konstruktion. Der Bau und Unterhalt von Gewächshäusern der Stufe 3 ist sehr viel aufwändiger und kostenintensiver. Laboratorien, Inkubatoren oder Klimaräume können deshalb sinnvolle Alternativen sein. Geschlossene Systeme der Stufe 4 sind bisher für human- und tierpathogene Viren der Gruppe 4 entwickelt worden. Solche Systeme für Organismen mit höchstem Risiko müssen von Fall zu Fall konzipiert werden. Die Stufe 4 wird deshalb im Folgenden nicht behandelt.

Die Kommentare zu den besonderen Sicherheitsmassnahmen sind Hilfen, wie die Anforderungen umgesetzt werden können. Sie stammen zum Teil aus international anerkannten Richtlinien^{47, 48, 49, 50, 51, 52} sind jedoch rechtlich nicht bindend.

3.4.1 Besondere Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser der Stufe 1

Besondere Sicherheitsmassnahmen der Stufe 1 werden für Tätigkeiten der Klasse 1 angewandt. Dazu gehören beispielsweise die Kultivierung gentechnisch veränderten Weizens, die Untersuchung der Wirkung von gentechnisch verändertem Mais auf Nichtzielorganismen, Fungizidtests mit endemischen pflanzenpathogenen Pilzen auf gentechnisch veränderten Kartoffeln, etc.

Die folgende Tabelle gibt die Anforderungen der ESV zu den besonderen Sicherheitsmassnahmen der Stufe 1 (linke Spalte) wieder und kommentiert sie (rechte Spalte, rechtlich nicht bindend).

⁴⁶ APHIS containment guidelines for weeds and parasitic plants:

www.aphis.usda.gov/plant_health/permits/downloads/noxiousweeds_containment_guidelines.pdf

⁴⁷ NIH Guidelines for Research Involving Recombinant or Synthetic Nucleic Acid Molecules: http://oba.od.nih.gov/rdna/nih_guidelines_oba.html. Appendix P: Physical and Biological Containment for Recombinant DNA Research Involving Plants.

⁴⁸ A Practical Guide to Containment, Information Systems for Biotechnology: www.isb.vt.edu/containment-guide.aspx

⁴⁹ Containment Standards for Facilities Handling Plant Pests, Canadian Food Inspection Agency: www.inspection.gc.ca/english/sci/bio/plaveg/placone.shtml

⁵⁰ NIH Guidelines for Research Involving Recombinant or Synthetic Nucleic Acid Molecules: http://oba.od.nih.gov/rdna/nih_guidelines_oba.html

⁵¹ Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (5th ed.), CDC: www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/. Appendix D: Agriculture Pathogen Biosafety.

⁵² European and Mediterranean Plant Protection Organization, Phytosanitary Procedures, Intentional import of organisms that are plant pests, PM 3/64, published in EPPO Bulletin, Volume 36, Issue 1, 2006.

Tab. 5 > Sicherheitsmassnahmen (SM) für Gewächshäusern der Stufe 1

Die Nummern sind analog zu den Nummern nach Anhang 4, Ziffer 2.1 ESV. Es sind nur diejenigen Nummern aufgeführt, für welche eine Anforderung für diese Stufe und für Gewächshäuser besteht.

Nr.	SM Stufe 1 ESV	Kommentare
Ausrüstung		
19	Oberflächen (Werkbank) gegen Wasser, Säuren, Laugen, Lösungs-, Desinfektions- und Dekontaminationsmittel resistent	Im Laborbau zu diesem Zweck übliche Materialien (Polypropylen, Epoxy, Edelstahl, Glas, Verbundsteinzeug, etc.) verwenden.
23*	Autoklav verfügbar Bei nicht meldepflichtigen Tätigkeiten kann die Massnahme auch ohne die Bewilligung des zuständigen Bundesamtes geändert, ersetzt oder weglassen werden.	Befindet sich der Autoklav ausserhalb des Gewächshauses, ist dafür zu sorgen, dass das geschlossene System während des Transportes aufrecht erhalten bleibt.
Arbeitsorganisation		
27	Geeignete Bekleidung für den Arbeitsbereich	In der Regel wird aus hygienischen Gründen und zur Verhinderung einer Verschleppung von Organismen Arbeitskleidung getragen. Bei der Arbeit mit pollenreichen gentechnisch veränderten Pflanzen oder Pflanzen, die viele kleine Samen produzieren Overall mit Kapuze in Erwägung ziehen. Bei der Arbeit mit Wirbellosen bestünde diese aus kontrastreicher Kleidung (meist weiss). Beim Ausziehen der Arbeitskleidung vor einem Spiegel das Vorhandensein von Wirbellosen auf der Arbeitskleidung und anderer exponierter Kleidung überprüfen.
28	Persönliche Schutzausrüstungen; personenbezogene Schutzmassnahmen sind je nach Tätigkeit und verwendeten Organismen zu treffen.	Da auf Stufe 1 keine human- oder tierpathogenen Organismen verwendet werden, werden Schutzausrüstungen aus hygienischen Gründen, zum Schutz vor Verletzungen, Kratzern oder Stichen, Chemikalien oder Pflanzenschutzmitteln, Allergien etc. getragen.
31*	Austritt von kontaminiertem Ablaufwasser minimieren	Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn keine Überlebens- oder Überdauerungsfähigkeit besteht, keine Übertragung über das Wasser stattfinden kann, im Ablaufwasser natürlicherweise eine Inaktivierung stattfindet (kurze Überlebensdauer von Pollen in Wasser)... Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung von Abwasser vermeiden. • Abwasser auffangen und als Giesswasser rezyklieren oder verdunsten. • Wasserverbrauch im Gewächshaus einschränken, die Abwasserwannen regelmässig leeren und dekontaminieren. • Geeignetes Rückhalten oder Entfernen von Kontaminanten aus dem Ablaufwasser, z. B. mittels Filter (Filter regelmässig reinigen).
32*	Entweichen von reproduktiven Pflanzenteilen über die Luft oder über Vektoren minimieren	Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden, zum Beispiel Öffnen von Fenstern. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn keine Überlebens- oder Überdauerungsfähigkeit unter den klimatischen Bedingungen der Schweiz gegeben ist, wenn Wirte in der Schweiz nicht vorhanden sind, wenn Übertragungsvektoren in der Schweiz nicht vorkommen, wenn in der Umgebung des Gewächshauses vorhandene, auskreuzungskom-

Nr.	SM Stufe 1 ESV	Kommentare
		<p>patible Pflanzen nicht blühen.</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einpacken pollenabgebender und samenproduzierender Blütenstände. • Abschneiden der männlichen Blütenteile vor der Blüte. • Verwenden steriler Pflanzen. • Besondere Massnahmen zur Verhinderung von Pollenflug und Samenverlust beim Transport blühender oder fruchttragender Pflanzen: <ul style="list-style-type: none"> a. Einsatz geschlossener, stabiler Behälter; oder b. Entfernen von Blüten, Samenständen oder Früchten. • Zu- und Austritt von Wirbellosen mittels Gittern verhindern. • In Bezug auf den Mensch als Vektor: <ul style="list-style-type: none"> a. Klebematten oder Schuhüberzieher verwenden. b. Laborkleidung vor Verlassen ausziehen.
33	Unschädliche Entsorgung der Mikroorganismen in kontaminiertem Material, Abfall und an kontaminierten Geräten, von Tieren und Pflanzen.	<p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geräte, Pflanzen, Töpfe oder Erde so behandeln, dass der Austritt der Mikroorganismen minimiert wird. Dazu eignen sich je nach Art des Gegenstandes Bedampfen⁵³ oder Autoklavieren. • Gentechnisch veränderte Pflanzen vor der Entsorgung reproduktionsunfähig machen, beispielsweise indem die Vermehrungsorgane entfernt und autoklaviert werden. <p>Bei der Verwendung von Wirbellosen wäre dies das Reinigen von Behältern und Käfigen, so dass in ihnen keine Wirbellosen überleben können (Erhitzen auf eine Temperatur, welche das Überleben verunmöglicht oder Gefrieren).</p>
35*	Entweichen von Organismen während des innerbetrieblichen Transports zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen minimieren	Siehe Abschnitt 3.5, Transport

* Die mit einem Stern gekennzeichneten Massnahmen können geändert, ersetzt oder weggelassen werden, wenn das zuständige Bunde samt dies bewilligt.

3.4.2 Besondere Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser der Stufe 2

Besondere Sicherheitsmassnahmen der Stufe 2 werden für Tätigkeiten der Klasse 2 angewandt. Dazu gehören beispielsweise die Untersuchung von Feuerbrandrobustheit, die Untersuchung von entomopathogenen, gebietsfremden Nematoden, das Anziehen von Keimlingen verbotener invasiver gebietsfremder Pflanzen nach Anhang 2 FrSV, etc.

Die folgende Tabelle gibt die Anforderungen der ESV zu den besonderen Sicherheitsmassnahmen der Stufe 2 (linke Spalte) wieder und kommentiert sie (rechte Spalte, rechtlich nicht bindend).

⁵³ Baker K.F., Principles of heat treatment of soil and planting material. J. Austral. Inst. Of Agric. Sci. 1962, 28(2), 118–126.
Langhans R.W., Greenhouse Management, 3rd ed.; Halcyon Press: Ithaca, NY, 1990; Chapter 15

Tab. 6 > Sicherheitsmassnahmen (SM) für Gewächshäuser der Stufe 2

Die Nummern sind analog zu den Nummern nach Anhang 4, Ziffer 2.1 ESV. Es sind nur diejenigen Nummern aufgeführt, für welche eine Anforderung für diese Stufe und für Gewächshäuser besteht.

Nr.	SM Stufe 2 ESV	Kommentare
Gebäude		
2	Zugang zum Arbeitsbereich eingeschränkt	Diese Massnahme kann durch folgende Methode erreicht werden: <ul style="list-style-type: none"> • Zutritt nur für autorisierte Personen, allenfalls über kontrollierbares Zutrittssystem.
6	Einrichtung zur persönlichen Dekontamination im Arbeitsbereich	Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Für die spezifisch verwendeten pathogenen Mikroorganismen geeignete Desinfektionsmittel in allen Arbeitsbereichen bereitstellen. • Bei der Verwendung von Wirbellosen erfolgt die Dekontamination durch das Ausziehen und Entsorgen der Schutzausrüstung. • Kontaminiertes Material und Abwasser gemäss den Massnahmen unter Nummer 31 und 33 in dieser Tabelle entsorgen.
8	Warnzeichen Biogefährdung	Diese Massnahme kann durch die folgenden Massnahmen ergänzt werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsstufe, Kontaktinformation und Zugangsvoraussetzungen angeben. • Bei allen Organismen ist es sinnvoll, einen Hinweis anzubringen, um welchen Organismus es sich handelt, z. B. invasive Pflanzen, und die Information, dass es sich nicht um human- oder tierpathogene Organismen handelt, falls dies der Fall ist. Auf Wirbellose aufmerksam machen, falls anwendbar.
9	Räume mit leicht abwaschbaren Böden	Im Laborbau zu diesem Zweck übliche Materialien verwenden, sie sollten auch rutschsicher, wasserdicht und einfach zu reinigen sein.
Ausrüstung		
19	Oberflächen (Werkbank) gegen Wasser, Säuren, Laugen, Lösungs-, Desinfektions- und Dekontaminationsmittel resistent	Im Laborbau zu diesem Zweck übliche Materialien verwenden (Polypropylen, Epoxy, Edelstahl, Glas, Verbundsteinzeug, etc.). Zudem sollten die Oberflächen einfach zu reinigen und zu reparieren sein, und auf Risse und Brüche kontrolliert werden.
21*	Mikrobiologische Sicherheitswerkbank (MSW), falls mit Mikroorganismen gearbeitet wird	Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn nicht mit aerogen übertragbaren Stadien von pflanzenpathogenen Mikroorganismen umgegangen wird oder wenn keine Manipulationen der Mikroorganismen stattfinden, bei denen Aerosole generiert werden (z. B. Inokulation, Überimpfung),... Die folgenden Ersatzmassnahmen können zum Expositions- bzw. Kontaminationsschutz angewandt werden, wenn die Verwendung einer MSW nicht möglich ist oder als nicht notwendig erachtet wird (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Inokulation von Pflanzen die Produktion von Aerosolen vermeiden. • Genügend Distanz zwischen Pflanzen und anderen Wirtspflanzen halten, um eine Verschleppung von Organismen zu vermeiden. • Nur Mikroorganismen verwenden, die obligat für Pflanzen sind (möglichst keine Humanpathogene). • Gentechnisch veränderte Mikroorganismen verwenden, die in der Umwelt nicht überleben können. • Für die Handhabung von Wirbellosen (auch nicht geflügelten) eine MSW mit Kühltisch verwenden, um ihre aktive Fortbewegung zu verhindern.
22	Massnahmen zur Minimierung der Verbreitung von Aerosolen	Diese Massnahme bezieht sich auf pathogene Mikroorganismen oder Pollen verbotener invasiver gebietsfremder Pflanzen und kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Verwendung pathogener Mikroorganismen eine biologische

Nr.	SM Stufe 2 ESV	Kommentare
		<p>Sicherheitswerkbank verwenden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infizierte Pflanzen und pollentragende verbotene invasive Pflanzen nicht begiessen, sondern mit einem Schlauchsystem direkt die Erde bewässern. • Geeignete Abluftfilter in das Raumbelüftungssystem integrieren. • Arbeiten, bei denen sich die Aerosolproduktion nicht verhindern lässt, beispielsweise die Applikation von Pilzsporen auf Pflanzen, in einem Labor in einer Biosicherheitswerkbank durchführen und erst anschliessend Organismen in geschlossenen Behältern in das Gewächshaus überführen. • Massnahmen gegen unfallmässiges Verschütten.
23*	Autoklav im Gebäude	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Einschliessung während des Transportes zum Autoklav aufrechterhalten bleibt. • Keine Zwischenlagerung ausserhalb der Stufe 2 stattfindet. • Der Autoklav sich im Gewächshaus ausserhalb der Stufe 2 befindet. • Das Gebäude mit dem Autoklav mit dem Gewächshaus verbunden ist. • Kein Transport ausserhalb des institutionseigenen Geländes stattfindet.

Arbeitsorganisation

27	Geeignete Bekleidung für den Arbeitsbereich	<p>In der Regel wird aus hygienischen Gründen und zur Verhinderung einer Verschleppung von Organismen durch Personen über der normalen Kleidung Arbeitskleidung getragen (Labormäntel, Overalls und allenfalls Laborschuhe und Kopfhäuben). Die Bekleidung sollte kein Ausziehen der Strassenkleidung notwendig machen, weshalb keine Garderobe als Vorraum zum Gewächshaus konzipiert sein muss.</p> <p>Da alle Gegenstände in Räumen der Stufe 2 als potentiell kontaminiert betrachtet werden müssen, ist auch die Arbeitskleidung als kontaminiert zu betrachten und vor dem Verlassen der Stufe 2-Bereichs auszuziehen. Dazu ist ein geeigneter Aufbewahrungsort in der Nähe der Türe erforderlich.</p> <p>Wenn mit pathogenen Mikroorganismen umgegangen wird, ist die Bekleidung nach Gebrauch zudem entweder vor Ort zu dekontaminieren oder als Sonderabfall zu entsorgen, wenn eine offensichtliche Kontamination stattgefunden hat. Aus diesem Grund ist es auch sinnvoll, keine unnötigen persönlichen Gegenstände in Stufe 2-Bereiche mitzunehmen. Hat keine offensichtliche Kontamination stattgefunden, kann die Arbeitskleidung in Wäschesäcken direkt in die Wäscherei gegeben werden. In keinem Fall sollte Arbeitskleidung privat durch die Mitarbeitenden gewaschen werden.</p> <p>Bei der Arbeit mit verbotenen invasiven gebietsfremden Pflanzen kann es sinnvoll sein, das Haar und die Kleidung auf vermehrungsfähiges Pflanzenmaterial überprüfen.</p> <p>Bei der Arbeit mit Wirbellosen bestünde geeignete Arbeitskleidung aus kontrastreicher Kleidung (meistens weiss), Schuhüberziehern, wenn die Schuhe nicht gewechselt werden, und Kopfhäube (Overall kann praktisch sein). Beim Ausziehen vor dem Spiegel Vorhandensein von Wirbellosen auf Arbeitskleidung und anderer exponierter Kleidung überprüfen. Die Arbeitskleidung nach Gebrauch zur Inaktivierung allfälliger Wirbelloser, die nicht mit pathogenen Mikroorganismen infiziert wurden, gefrieren.</p>
28	Persönliche Schutzausrüstungen; personenbezogene Schutzmassnahmen sind je nach Tätigkeit und verwendeten Organismen zu treffen.	<p>In der Regel wird nicht mit humanpathogenen Mikroorganismen oder Endoparasiten umgegangen und die persönliche Schutzausrüstung dient zur Hygiene, zum Schutz vor Verletzungen, Kratzern oder Stichen, zum Schutz vor Chemikalien oder Pflanzenschutzmitteln, zum Schutz vor Allergien etc.</p> <p>Wird mit humanpathogenen Mikroorganismen oder Endoparasiten umgegangen, kann die persönliche Schutzausrüstung aus den folgenden Komponenten bestehen (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Labormantel oder Overall. • Handschuhe, wenn sich ein manueller Kontakt mit den Organismen nicht vermeiden lässt. • Handschuhe aus einem Material wählen, welches nicht allergen und robust

Nr.	SM Stufe 2 ESV	Kommentare
		<p>genug für den Umgang mit den Organismen ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atemschutz, falls ein Expositionsrisiko gegenüber den Organismen durch die Luft besteht. <p>Die Schutzausrüstung gilt als kontaminiert und ist deshalb gemäss dem Vorgehen unter Nr. 31/33 in dieser Abbildung zu entsorgen.</p> <p>Bei der Arbeit mit Wirbellosen sollte die Kleidung so gewählt werden, dass Bisse und Stiche durch Wirbellose vermieden werden können. Beim Ausziehen vor Spiegel Vorhandensein von Wirbellosen auf Arbeitskleidung oder anderer exponierter Kleidung überprüfen.</p>
29	Regelmässige Desinfektion der Arbeitsplätze	<p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsplätze im Gewächshaus regelmässig, möglichst nach jedem Gebrauch, desinfizieren. • Insbesondere nach Versuchsende und zwischen Versuchen mit unterschiedlichen Organismen eine gründliche Desinfektion durchführen, um zu verhindern, dass Organismen unkontrolliert überdauern können. • Bei der Arbeit mit Wirbellosen auf Wirbellosen in potentiellen Schlupfwinkeln achten. • Desinfektionsmittel nach ihrer Wirksamkeit auf die verwendeten Organismen wählen. • Ist eine Begasung erforderlich, zum Beispiel Wasserstoffperoxid verwenden. • Pestizide nicht präventiv verwenden und wenn doch, dann unter Abwägung von Wirksamkeit und Sicherheit. Bei Wirbellosen allenfalls Fachspezialisten beiziehen.⁵⁴
31*	Austritt von kontaminiertem Ablaufwasser minimieren	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn keine Überlebens- oder Überdauerungsfähigkeit besteht, beispielsweise, wenn keine Übertragung über das Wasser stattfinden kann, wenn im Ablaufwasser natürlicherweise eine Inaktivierung stattfindet (kurzes Überleben von Pollen oder bestimmten Insektenlarven).</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung von Abwasser vermeiden. • Abwasser auffangen und als Giesswasser rezyklieren oder verdunsten. • Wasserverbrauch im Gewächshaus einschränken, die Abwasserwannen regelmässig leeren und dekontaminieren. • Potenziell kontaminiertes Abwasser vor der Entsorgung so behandeln, dass allfällig darin enthaltene, vermehrungsfähige einschliessungspflichtige Organismen inaktiviert sind. Dies kann z. B. dadurch erreicht werden, dass das Abwasser in einem Sedimentationsbecken gesammelt wird und vor Ablass durch einen Membranfilter (1µm) abgepumpt wird. Das Sediment gilt dann als kontaminiert und erfordert entsprechende Entsorgung.
32*	Entweichen von reproduktiven Pflanzenteilen über die Luft oder über Vektoren minimieren	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn keine Pollen oder Samen in die Luft gelangen können, wenn keine Überlebens- oder Überdauerungsfähigkeit unter den klimatischen Bedingungen der Schweiz gegeben ist, wenn Vektoren zur Übertragung von Pollen in der Schweiz nicht vorkommen, etc.</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwenden steriler Pflanzen. • Einpacken pollenabgebender und samenproduzierender Blütenstände. • Abschneiden der männlichen Blütenteile vor der Blüte. • Pflanzen so aufziehen, dass Pollen nicht dann produziert wird, wenn allenfalls in der Umgebung des Gewächshauses vorhandene, auskreuzungskompatible Pflanzen blühen. • Beim Transport blühender oder fruchttragender Pflanzen:

⁵⁴ Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (5th ed.), CDC: www.cdc.gov/biosafety/publications/bmb15/

Nr.	SM Stufe 2 ESV	Kommentare
		<p>a) Einsatz geschlossener, stabiler Behälter; oder b) Entfernen von Blüten, Samenständen oder Früchten.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu- und Austritt von Wirbellosen mittels Gittern verhindern. <p>Zur Verhinderung der Verschleppung durch die Mitarbeitenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hände waschen und desinfizieren • Laborkleidung vor Verlassen des Arbeitsbereiches ausziehen. Bei der Arbeit mit verbotenen invasiven gebietsfremden Pflanzen kann es, sinnvoll sein, das Haar und die Kleidung auf vermehrungsfähiges Pflanzenmaterial überprüfen. • Klebematten oder Schuhüberzieher verwenden. <p>Zudem sind für Stufe 2 die folgenden Massnahmen üblich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geeignetes Lüftungssystem, geschlossene Fenster. • Abluft vor dem Austreten aus dem geschlossenen System durch Netze oder geeignete Filter führen. Dabei die Netze und Filter so installieren, dass sie leicht zu reinigen, zu dekontaminieren und zu ersetzen sind. Die Filter in doppelter Ausführung installieren, damit die Filterung der Luft beim Ersetzen des einen Filters durch den andern garantiert ist. Filter periodisch inspizieren und reinigen oder ersetzen. • Bei der Verwendung von Wirbellosen Durchbrüche (elektrische Leitungen, Rohre, Lüftung) abdichten, um aktives Entweichen zu verhindern. Bei den Materialien die Fressfreudigkeit von Larven berücksichtigen.
33	<p>Inaktivierung der Mikroorganismen in kontaminiertem Material, Abfall und an kontaminierten Geräten im Gebäude (ausser bei nach Sicherheitsmassnahme Nr. 23 bewilligtem abweichendem Standort eines Autoklavens). Als Sonderabfall entsorgt werden können kontaminiertes Material, Tierkadaver und diagnostische Proben. Ebenfalls als Sonderabfall entsorgt werden können feste Kulturen, wenn das zuständige Bundesamt dies bewilligt.</p>	<p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infizierte Pflanzen autoklavieren. Die Entsorgung infizierter Pflanzen als Sonderabfall ist in der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen⁵⁵ nicht vorgesehen. • Geräte, Pflanzen, Töpfe oder Erde so behandeln, dass der Austritt der Mikroorganismen minimiert wird. Dazu eignen sich je nach Art des Gegenstandes Bedampfen⁵⁶ oder Autoklavieren. • Ausrüstungsgegenstände vor Verlassen der Stufe 2-Bereiche dekontaminieren. Möglich sind Oberflächendekontamination, Materialschleuse mit Begasung oder Tauchbad mit Desinfektionsmittel. <p>Bei der Verwendung von mit pathogenen Mikroorganismen infizierten Wirbellosen kann dies falls anwendbar mit den folgenden Methoden erreicht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirbellose, die mit pflanzenpathogenen Mikroorganismen infiziert wurden, nach dem Gefrieren autoklavieren, falls Gefrieren allein für die Inaktivierung der pathogenen Mikroorganismen nicht ausreicht. • Behälter und Käfige reinigen und dekontaminieren. • Abfall und kontaminiertes Material einschliesslich infizierter toter Tiere in Wirbellos-dichten, verschlossenen Entsorgungsbehältern transportieren und autoklavieren oder als Sonderabfall verbrennen.
35*	<p>Entweichen von Organismen während des innerbetrieblichen Transports zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen minimieren</p>	<p>Siehe Abschnitt 3.5, Transport</p>

* Die mit einem Stern gekennzeichneten Massnahmen können geändert, ersetzt oder weggelassen werden, wenn das zuständige Bundesamt dies bewilligt.

⁵⁵ VeVA (SR 814.610): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021080/index.html

⁵⁶ Baker K.F., Principles of heat treatment of soil and planting material. J. Austral. Inst. Of Agric. Sci. 1962, 28(2), 118–126, Langhans R.W., Greenhouse Management, 3rd ed.; Halcyon Press: Ithaca, NY, 1990; Chapter 15

3.4.3 Besondere Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser der Stufe 3

Besondere Sicherheitsmassnahmen der Stufe 3 werden für Tätigkeiten der Klasse 3 angewandt. Dazu gehört beispielsweise die Infektion von Pflanzen mit besonders gefährlichen Schadorganismen nach Pflanzenschutzverordnung, die noch nicht in der Schweiz vorhanden sind, etc.

Die folgende Tabelle gibt die Anforderungen der ESV über die besonderen Sicherheitsmassnahmen der Stufe 3 (linke Spalte) wieder und kommentiert sie (rechte Spalte, rechtlich nicht bindend).

Tab. 7 > Sicherheitsmassnahmen (SM) für Tätigkeiten der Klasse 3 in Gewächshäusern

Die Nummern sind analog zu den Nummern nach Anhang 4, Ziffer 2.1 ESV. Es sind nur diejenigen Nummern aufgeführt, für welche eine Anforderung für diese Stufe und für Gewächshäuser besteht.

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
Gebäude		
1	Arbeitsbereich von übrigen Bereichen räumlich abgetrennt	Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Das Gewächshaus ist als Ganzes als Stufe 3 Bereich konzipiert oder ein Stufe 3-Bereich ist innerhalb eines Gewächshauses von den andern Bereichen getrennt. • Geschlossene und versiegelte Fenster. • Bruch sichere und luftdichte Verglasung. • Verglasung dicht an Rahmen aufliegend und mit einer Dichtung, die gegen Licht, Temperaturschwankungen, Desinfektionsmittel und Wirbellosenfrass resistent ist.
2	Zugang zum Arbeitsbereich eingeschränkt	Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Nur einen Hauptein- und -ausgang einrichten. • Zwei verriegelbare, selbstschliessende Türen auf den beiden Seiten der Schleuse, wobei beim Betreten immer nur eine offen sein kann. • Zutritt nur für autorisierte, instruierte Personen, z. B. mit kontrollierbarem Zutrittssystem (Codes, Badges, etc.)
4*	Der Zugang zum Arbeitsbereich muss durch eine Schleuse (getrennter Raum) erfolgen. Die innere Seite der Schleuse muss von der äusseren Seite durch Umkleideeinrichtungen und vorzugsweise durch abschliessbare Türen getrennt sein	Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes ersetzt werden (z. B. organisatorische Schleuse). Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen nur in vegetativen Stadien gehalten werden oder wenn der Stufe 3-Bereich an einen Stufe 2-Bereich angrenzt. Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): <ul style="list-style-type: none"> • Gegenüber Rahmen und Schwellen dichte Türen. • Vermeiden von Schlupfwinkeln. • Türen, die nicht gleichzeitig offen sein können. • Die innere Seite der Schleuse («kontaminiert») von der äusseren Seite («nicht-kontaminiert») durch Umkleideeinrichtungen und vorzugsweise durch abschliessbare Türen trennen. Im Speziellen kann nur ein Überziehen von Laborkleidung über die Strassenkleidung ausreichend sein. Dies erübrigt eine getrennte Umkleideeinrichtung. • Organisatorisch vorteilhaft können zwei parallele Schleusen für den Ein- bzw. Austritt sein. • Selbst-schliessende Türen, Handdesinfektionsapparat und berührungsfreie Handwaschbecken zur Verhinderung von Kontamination einrichten.

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
		<ul style="list-style-type: none"> • Idealerweise begasbare Materialschleuse getrennt von der Personenschleuse einrichten (vorzugsweise Wasserstoffperoxid verwenden). Falls keine Materialschleuse vorhanden ist, Schleuse auch für Materialtransfer einrichten. Eine Materialschleuse vereinfacht die Gestaltung der Personenschleuse. <p>Falls für den Umgang mit Wirbellosen anwendbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Zugang über einen Vorraum führen, der bei fliegenden Insekten 2 Meter lang ist. • Vorraum schwarz gestrichen und nicht beleuchtet. • Erhöhte Schwellen für kriechende Wirbellose. • Spiegel zur Beobachtung von Wirbellosen auf Kleidern. • Schiebetüren oder andere selbstschliessende Türen sind vorzuziehen. Je mehr Türen zwischen den Innen und dem Aussen, umso besser, Fliegengittertüre. • Insektenfallen installieren (Kleben, Klebepapier am Boden, Pheromone, UV Licht (attract & kill Lampe). • Tiefkühltruhe für Inaktivierung.
5	Duscheinrichtungen in Schleuse Je nach Risiko kann auf diese Massnahme OHNE Bewilligung des zuständigen Bundesamts verzichtet werden.	Duschen beim Verlassen des geschlossenen Systems, falls das Mitschleppen von Organismen mit anderweitigen Mitteln wie Kleidungswechsel und Händedesinfektion nicht ausgeschlossen werden kann (Duschwasser dekontaminieren). Dies kann beim Umgang mit besonders gefährlichen Schadorganismen nach der Pflanzenschutzverordnung sind, der Fall sein.
6	Einrichtung zur persönlichen Dekontamination im Arbeitsbereich	Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend): Für die spezifisch verwendeten pathogenen Mikroorganismen geeignete Desinfektionsmittel in allen Arbeitsbereichen bereitstellen. Bei der Verwendung von Wirbellosen erfolgt die Dekontamination durch das Ausziehen und Entsorgen der Schutzausrüstung, allenfalls Duschen oder andere Personendekontaminationseinrichtung. Kontaminiertes Material und Abwasser gemäss den Massnahmen unter Nummer 31 und 33 in dieser Abbildung entsorgen.
7*	Sichtfenster oder andere Vorrichtung zur Beobachtung des Arbeitsbereichs	Diese Massnahme ist bei Glastüren gegeben. Sie kann bei Klimakammern durch andere Massnahmen zum Personenschutz ersetzt werden, z. B. Totmangerät.
8	Warnzeichen Biogefährdung	Diese Massnahme kann durch die folgenden Massnahmen ergänzt werden (nicht abschliessend): • Sicherheitsstufe, Kontaktinformation und Zugangsvoraussetzungen angeben. • Bezeichnung und Eigenschaften der Organismen. • Bei verbotenen invasiven gebietsfremden Pflanzen die Information, dass es sich nicht um human- oder tierpathogene Organismen handelt oder auf Wirbellose aufmerksam machen, falls anwendbar.
9	Räume mit leicht abwaschbaren Böden	Im Laborbau zu diesem Zweck übliche Materialien verwenden, rutschsicher, wasserundurchlässig einfach zu reinigen und zu reparieren. Die Oberflächen auf Risse und Brüche zu kontrollieren.
10	Räume mit leicht abwaschbaren Wänden	Falls vorhanden: Im Laborbau zu diesem Zweck übliche Materialien verwenden, die glatt, wasserundurchlässig und einfach zu reinigen sind. Dabei auf Profile achten, die möglichst kleine Oberflächen und wenige Ecken aufweisen oder «Schlupflöcher» bieten und die Durchstiche abgedichtet sein. Die Oberflächen periodisch auf Risse und Brüche kontrollieren.
11*	Arbeitsbereich so abgedichtet, dass Begasung möglich ist	Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn die Produktion von Aerosolen während der Tätigkeit oder die Luftübertragung der verwendeten Organismen ausgeschlossen werden kann oder wenn die Organismen an der Luft durch Austrocknen in sehr kurzer Zeit inaktiviert werden (Feuchtigkeit im Gewächshaus in Betracht ziehen). Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
		<ul style="list-style-type: none"> • Abgedichtete Fenster und Durchbrüche für Rohre und Kabel. • Abgedichtete Türen und Abläufe. • Ventilation während der Begasung abstellen.
12*	Atmosphärischer Unterdruck des Arbeitsbereichs gegenüber der unmittelbaren Umgebung	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn die Produktion von Aerosolen während der Tätigkeit oder die Luftübertragung der verwendeten Organismen ausgeschlossen werden kann oder wenn die Organismen an der Luft durch Austrocknen in sehr kurzer Zeit inaktiviert werden (Feuchtigkeit in Gewächshaus in Betracht ziehen).</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Arbeitsbereich und die Schleuse sollten Unterdruck aufweisen mit einer Kaskade von innen nach aussen. • Der Luftstrom sollte sich von der Zone mit dem geringsten zur Zone mit dem höchsten Risiko bewegen. • Kontrolle des Luftflusses und Sensoren bei Zu- und Abluft und Alarmsystem/Redundanz für Ausfall. Visuelle Kontrolle am Eingang anbringen. • Zuluft z: B. passiv über einen Vorraum durch die Schleuse in das geschlossene System und durch geeignete Massnahmen insektenfrei halten (z. B. durch Filterung). Zudem Abluft aktiv über eine angepasste Abluftfilterung aus dem geschlossenen System leiten. Dadurch entsteht ein System mit gerichtetem Luftstrom und einem geregelten Unterdruck. • Zur Erhaltung des Unterdrucks die Belüftungsventilatoren mit Rückflussdämpfern ausstatten, die sich schliessen, wenn der Belüftungsventilator abgeschaltet ist; der Zu- und Abluftstrom wird unterbrochen, um jederzeit einen nach innen gerichteten (oder Null-)Luftstrom zu gewährleisten. • Alternativ Abluft über zwei unabhängige Ventilatoren leiten, welche automatisch den Betrieb tauschen, wenn einer ausfällt und den Unterdruck permanent aufrechterhalten.
14*	Abluft des Arbeitsbereichs via HEPA-Filter (High Efficiency Particulate Airfilter)	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn die Produktion von Aerosolen während der Tätigkeit oder die Luftübertragung der verwendeten Organismen ausgeschlossen werden kann oder wenn die Organismen an der Luft durch Austrocknen in sehr kurzer Zeit inaktiviert werden (Feuchtigkeit in Gewächshaus in Betracht ziehen).</p> <p>Bei Installation von HEPA-Filtern darauf achten dass beim Filterwechsel das geschlossene System aufrechterhalten werden kann und kontaminierte Filter so entsorgt werden können, dass keine Kontamination / Exposition der Umgebung / Personen auftreten.</p> <p>Bei der Verwendung verbotener invasiver gebietsfremder Pflanzen darauf achten, dass keine Pollen oder Samen durch die Abluft in die Umwelt gelangen. Dies kann, falls anwendbar, durch Filter mit geeigneter Maschengrösse geschehen, welche die Pollen zurückhalten.</p> <p>Bei kontrollierter Überprüfung der Entwicklung der Pflanzen auf Blühfähigkeit und Entfernen der Blütenstände vor der Blüte kann Pollen- und Samenproduktion und somit die Gefahr deren Entweichens verhindert werden. Werden blühende Pflanzen in primärem Containment gehalten, kann ebenfalls ein Entweichen von Pollen und Samen verhindert werden.</p> <p>Bei der Verwendung von Wirbellosen ist die Filtrierung der Abluft von deren Grösse abhängig (bei Organismen unter 3 µm HEPA-Filter) und ob die Möglichkeit besteht, dass sie zum Ausgang für Abluft gelangen können. Falls anwendbar die Abluft vor dem Austreten aus dem geschlossenen System durch Netze oder Filter führen. Die Netze und Filter so installieren, dass sie leicht zu reinigen, zu dekontaminieren und zu ersetzen sind. Die Filter allenfalls in doppelter Ausführung installieren, damit die Filtrierung der Luft beim Ersetzen des einen Filters durch den andern garantiert ist. Filter und Netze sollten frassresistent sein.</p>

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
Ausrüstung		
19	Oberflächen (Werkbank und Fussboden,) gegen Wasser, Säuren, Laugen, Lösungs-, Desinfektions- und Dekontaminationsmittel resistent	<p>Falls vorhanden: Im Laborbau zu diesem Zweck übliche Materialien verwenden, die glatt, wasserundurchlässig und einfach zu reinigen sind. Dabei auf Profile achten, die möglichst kleine Oberflächen und wenige Ecken aufweisen oder «Schlupflöcher bieten und die Durchstiche abgedichtet sein. Die Oberflächen auf Risse und Brüche kontrollieren.</p> <p>Zur Erleichterung der Reinigung und Dekontamination Durchbrüche dieser Strukturen und Oberflächen versiegeln (z. B. Kabel, Röhren). Vorzugsweise Unterputz anbringen.</p>
20*	Arbeitsbereich mit kompletter, eigener Ausrüstung	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies ist der Fall, wenn Werkzeug und Geräte vor Ausfuhr aus dem Stufe 3 Bereich dekontaminiert werden, so dass kein Export von Organismen mit ihnen stattfinden kann, und wenn es sich um eine Sondersituation und keinen regelmässigen Export handelt.</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umsichtige Planung der Einrichtung und Organisation des Stufe 3 Bereichs in Hinblick auf die auszuführenden Tätigkeiten und verwendeten Organismen. Allenfalls begasbare Materialschleuse einrichten. • Elektronischer Datentransfer. • Ein- und Ausfuhr von Werkzeug und Geräten so weit als möglich vermeiden, insbesondere wenn die Dekontamination nicht allein durch Anwendung von Desinfektion der Oberflächen erreicht werden kann. • Verbrauchsmaterial ausserhalb des geschlossenen Systems lagern und nach Gebrauch als zu dekontaminierender Abfall entsorgen. • Reparaturkasten für einfache Reparaturen einrichten. • Spill- und Notfallkit einrichten.
21	Mikrobiologische Sicherheitswerkbank (MSW), falls mit Mikroorganismen gearbeitet wird ⁵⁷	<p>Bei einem Weglassen der MSW sind Ersatzmassnahmen zwingend. Ersatzmassnahmen zum Expositions- bzw. Kontaminationsschutz bestimmen, wenn die Verwendung einer Sicherheitswerkbank aufgrund der Grösse der Organismen bzw. Geräte nicht möglich ist. Beispiele sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raumgestaltung (z. B. Box in der Box Prinzip). • Bei der Inokulation von Pflanzen die Produktion von Aerosolen vermeiden. • Genügend Distanz zwischen Pflanzen und anderen Wirtspflanzen halten, um eine Verschleppung von Organismen zu vermeiden. • Insektenvektoren eliminieren. • Möglichst keine humanpathogene Mikroorganismen verwenden. • Gentechnisch veränderte Mikroorganismen verwenden, die in der Umwelt nicht überleben können. • Abluft filtern. • Vollständiger Arbeitskleiderwechsel nach Arbeitsende, je nach Risiko auch Duschen. • Begasung nach Versuchsende. <p>Eine Expositionskontrolle kann bei Pflanzen mit allergenen Pollen notwendig sein, um die Mitarbeitenden zu schützen.</p> <p>Für die Handhabung von Wirbellosen werden Biosicherheitswerkbanken mit Kühltischen (auch für nicht geflügelte) verwendet, um ihre aktive Fortbewegung zu verhindern.</p>

⁵⁷ Richtlinie des BAFU zum Einsatz einer MSW: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01016/index.html?lang=de

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
22	Massnahmen zur Verhinderung der Verbreitung von Aerosolen	<p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeiten mit Mikroorganismen in einer Sicherheitswerkbank durchführen (siehe Nr. 21 in dieser Abbildung). • Methoden zur Minimierung der Entstehung von Aerosolen, z. B. infizierte Pflanzen nicht begiessen sondern mit Schlauchsystem direkt in die Erde bewässern. • Abluftfilter in Raumbelüftungssystem integrieren. • Arbeiten, bei denen sich Aerosolproduktion nicht verhindern lässt, in einem Labor durchführen und erst anschliessend Organismen in geschlossenen Behältern in das Gewächshaus überführen. • Für den Transport Nr. 35 dieser Abbildung beachten, um Aerosolentstehung durch unfallmässiges Verschütten zu verhindern.
23*	Autoklav im Arbeitsbereich	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Einschliessung während des Transportes aufrechterhalten bleibt und die Transportmethode validiert ist. • Keine Zwischenlagerung ausserhalb der Stufe 3 stattfindet. • Der Autoklav sich im selben Gebäude in einem bezüglich dem geschlossenen System kontrollierten Bereich befindet oder das Gebäude mit dem Autoklav an das Gewächshaus angrenzt <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die beste Option ist ein Durchreicheautoklav, der in der Regel an der Grenze zu einem an die Stufe 3 angrenzenden kontrollierten Raum im Gewächshaus oder zum anschliessenden Gebäude eingerichtet ist. • Autoklavierung für verwendete Organismen und Ladungen validieren, Gerät verwenden, das Zeit, Temperatur und Druck jedes Durchgangs aufzeichnet und regelmässig gewartet wird. <p>Für den Umgang mit Wirbellosen anwendbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inaktivierung durch Gefrieren (-80°C für 72 Stunden), für Wirbellose anerkannt sichere Methode, Tiefkühltruhe im Arbeitsbereich.

Arbeitsorganisation

27	Geeignete Bekleidung für den Arbeitsbereich, d. h. geeignete Schutzkleidung und gegebenenfalls Schuhe	<p>In der Regel wird nicht mit humanpathogenen Mikroorganismen oder Endoparasiten umgegangen und die Kleidung für den Arbeitsbereich dient der Verhinderung des Verschleppens von Organismen oder reproduktiven Teilen davon aus dem geschlossenen System heraus.</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überkleidung verwenden, d. h. Labormantel oder Overall, gegebenenfalls Überschuhe und Kopfhäuben, oder Kleider wechseln. • Da alle Gegenstände in Räumen der Stufe 3 als potentiell kontaminiert betrachtet werden müssen, ist auch die Arbeitskleidung als kontaminiert zu betrachten und vor dem Verlassen der Stufe 3-Bereichs auszuziehen. Dazu ist ein geeigneter Aufbewahrungsort in Türnähe erforderlich. • Die Bekleidung ist nach Gebrauch zudem entweder zu autoklavieren, in einer Materialschleuse zu dekontaminieren oder als Sonderabfall zu entsorgen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, keine unnötigen persönlichen Gegenstände in Stufe 3-Bereiche mitzunehmen. <p>Wird mit humanpathogenen Mikroorganismen oder Endoparasiten umgegangen, dient die Kleidung auch als Personenschutz (siehe Nr. 28 in dieser Abbildung). Bei der Arbeit mit Wirbellosen geeignete Arbeitskleidung aus kontrastreicher Kleidung (meistens weiss, Overall kann funktionell sehr gut geeignet sein), Schuhüberziehern, wenn die Schuhe nicht gewechselt werden, und Kopfhäube. Beim Ausziehen vor dem Spiegel Vorhandensein von Wirbellosen auf Arbeitskleidung und anderer exponierter Kleidung überprüfen. Die Arbeitskleidung nach Gebrauch zur Inaktivierung allfälliger Wirbelloser gefrieren.</p>
----	---	---

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
28	Personenbezogene Schutzmassnahmen (Persönliche Schutzausrüstungen) sind je nach Tätigkeit und verwendeten Organismen zu treffen.	<p>In der Regel wird nicht mit humanpathogenen Mikroorganismen oder Endoparasiten umgegangen und die persönliche Schutzausrüstung dient der Hygiene, zum Schutz vor Verletzungen, Kratzern oder Stichen, zum Schutz vor Chemikalien oder Pflanzenschutzmitteln, zum Schutz vor Allergien, zum Verhindern des Verschleppens der Organismen aus dem geschlossenen System heraus (siehe Nr. 27 in dieser Abbildung) etc.</p> <p>Wird doch mit humanpathogenen Mikroorganismen oder Endoparasiten umgegangen, kann die persönliche Schutzausrüstung aus den folgenden Komponenten bestehen (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Labormantel oder Overall. • Handschuhe, aus Material wählen, welches nicht allergen ist und robust genug für den Umgang mit den Organismen. • Besteht ein Expositionsrisiko gegenüber den Organismen durch die Luft: Atemschutz tragen. • Die persönliche Schutzausrüstung gilt nach Gebrauch als kontaminiert, verbleibt auf der schmutzigen Seite der Schleuse und wird dekontaminiert, d. h. autoklaviert. • Nach der Arbeit Hände desinfizieren. • Bei der Arbeit mit Wirbellosen ist es sinnvoll, die Kleidung so zu wählen, dass vermieden werden kann, von Wirbellosen gebissen oder gestochen zu werden. Die Kleidung gefrieren, um anhaftende Wirbellose zu inaktivieren. <p>Bei der Arbeit mit Pflanzen, die allergene Pollen produzieren, kann das Tragen von Schutzmasken erforderlich sein.</p>
29	Regelmässige Desinfektion der Arbeitsplätze	<p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsplätze im Gewächshaus regelmässig, möglichst nach jedem Gebrauch, desinfizieren. • Insbesondere nach Versuchsende und zwischen Versuchen mit unterschiedlichen Organismen eine gründliche Desinfektion durchführen, um zu verhindern, dass Organismen unkontrolliert überdauern können. • Desinfektionsmittel nach ihrer Wirksamkeit auf die verwendeten Organismen wählen. • Ist eine Begasung erforderlich, vorzugsweise Wasserstoffperoxid verwenden. Pestizide nicht präventiv verwenden und wenn doch, dann unter Abwägung von Wirksamkeit und Sicherheit. Bei Wirbellosen allenfalls Fachspezialisten beiziehen.⁵⁸
30*	Inaktivierung der Mikroorganismen im Ausfluss von Abwaschbecken, Leitungen und Duschen	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes weggelassen werden. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind. Dies kann der Fall sein, wenn keine Abläufe, Waschbecken oder Duschen vorhanden sind, wenn die verwendeten Organismen nicht ins Abwasser gelangen können etc.</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle Abflüsse an ein validiertes Sterilisationssystem anschliessen. • Abflüsse verschliessen, so dass kein Abfluss geschehen kann. • Abfluss in Behältern und Wannen mit Desinfektionsmittel auffangen oder aufgefangenes Abwasser regelmässig autoklavieren oder bei kleinen Mengen verdunsten lassen.
31	Austritt von kontaminiertem Ablaufwasser verhindern	<p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generell möglichst wenig Wasser verwenden. • Allfälliges Abwasser sammeln und inaktivieren. z. B. mit Desinfektionsmittel (bei Verwendung grosser Mengen an Desinfektionsmittel Gewässerschutzbestimmungen berücksichtigen) oder im Autoklaven bei 121 °C. • Methoden aus Massnahme Nr. 30 in dieser Abbildung anwenden.
32	Entweichen von reproduktiven	<ul style="list-style-type: none"> • Bezüglich Luft siehe Massnahmen Nr. 12 und 14 in dieser Abbildung.

⁵⁸ Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (5th ed.), CDC: www.cdc.gov/biosafety/publications/bmb15/

Nr.	SM Stufe 3 ESV	Kommentare
	Pflanzenteilen über die Luft oder über Vektoren verhindern	<ul style="list-style-type: none"> • Bezüglich Vektoren siehe Massnahmen Nr. 4,5,6 und 28 in dieser Abbildung. • Durch Kontrolle der Samenanzahl und gezieltes Säen in Saatplatten kann verhindert werden, dass Samen verloren gehen. • Die Kontrolle einer Saatgutdatenbank (Zuständigkeit, Zugang, Kennzeichnung, Dokumentation von Ein- und Ausgang) verhindert Verlorengehen von Samen ebenfalls.
33	Inaktivierung der Mikroorganismen in kontaminiertem Material, Abfall, an kontaminierten Geräten oder an Pflanzen im Arbeitsbereich	<p>Diese Massnahme kann mit Bewilligung des Bundes im Gebäude und nicht im Arbeitsbereich erfolgen. Dazu ist es notwendig zu erklären, weshalb Mensch und Umwelt dadurch nicht gefährdet sind, beispielsweise in Kombination mit Massnahme Nr. 23 in dieser Abbildung (auch Putzmaterial kann kontaminiert sein).</p> <p>Diese Massnahme kann durch die folgenden Methoden erreicht werden (nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anfallendes biologisches Material inaktivieren, z. B. durch autoklavieren oder mittels geeigneter Desinfektionsmittel oder Pestizide. • Kontaminierte Geräte mittels chemischer Oberflächendekontamination oder Begasung dekontaminieren. • Zu dekontaminierendes Material zur Verhinderung potentieller sekundärer Kontamination oder Verschleppen von Mikroorganismen nicht lagern. <p>Bei der Verwendung von Wirbellosen kann dies wie folgt erreicht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirbellose je nach Art durch Erhitzen auf über Lebenstemperatur oder durch Gefrieren inaktivieren (72 Std. bei -80°C). • Wirbellose, die mit pathogenen Mikroorganismen infiziert wurden, (nach dem Gefrieren) autoklavieren. • Behälter und Käfige so reinigen, dass in ihnen keine Wirbellose überleben können. • Jeglichen Abfall und kontaminiertes Material oder Kulturmedium in dichten, verschlossenen Entsorgungsbehältern transportieren.
35	Entweichen von Organismen während des innerbetrieblichen Transports zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen verhindern	Siehe Abschnitt 3.5, Transport

* Die mit einem Stern gekennzeichneten Massnahmen können geändert, ersetzt oder weggelassen werden, wenn das zuständige Bunde samt dies bewilligt.

3.4.4 Ergänzende spezifische Sicherheitsmassnahmen für Gewächshäuser mit gebietsfremden wirbellosen Kleintieren

Bei Tätigkeiten der Klassen 1 und 2 mit gebietsfremden wirbellosen Kleintieren ist deren Entweichen so zu begrenzen, dass der Mensch, die Tiere und die Umwelt nicht gefährdet sowie die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung nicht beeinträchtigt werden können. Bei Tätigkeiten der Klassen 3 und 4 ist das Entweichen zu verhindern.

Für einschliessungspflichtige gebietsfremde Organismen gelten die in Kapitel 3.4.1–3.4.3 beschriebenen, besonderen Sicherheitsmassnahmen sinngemäss, d. h. es müssen Sicherheitsmassnahmen getroffen werden, um dieselben Schutzziele zu erreichen wie für andere einschliessungspflichtige Organismen (siehe auch Kapitel 3.4), die aber spezifisch an die Art der Organismen angepasst sind.

Eine Reihe solcher spezifischer, auf wirbellose Kleintiere angepasste Sicherheitsmassnahmen wurden in den Richtlinien über den Umgang mit nichtheimischen, pflanzen-

fressenden Wirbellosen des US Landwirtschafts- und Pflanzenschutzdienstes APHIS⁵⁹, den Arthropoden-Einschlussrichtlinien der American Committee of Medical Entomology of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene⁶⁰ und dem Containment Standard for Facilities Handling Plant Pests der Canadian Food Inspection Agency⁶¹ zusammengestellt. Sie ergänzen die in den Kapiteln 3.4.1–3.4.3 beschriebenen Vorschläge für Massnahmen zur Einschliessung von wirbellosen Kleintieren.

- > Beim Umgang mit gebietsfremden wirbellosen Kleintieren das Gebäude in einer möglichst Ackerbau-freien Zone errichten, wenn darin angebaute Kulturpflanzen geschädigt werden können, oder die Nähe von Wald vermeiden, wenn darin eine Verbreitung wahrscheinlich ist.
- > Zur besseren Kontrolle der Wirbellosen wenn immer möglich Klimakammern oder Labors anstelle von Gewächshäusern verwenden.
- > Türen dicht an den Rahmen anschliessend bauen, mit erhöhten Schwellen für kriechende Wirbellose. Schiebetüren oder andere selbstschliessende Türen sind vorzuziehen. Je mehr Türen zwischen den Innen und dem Aussen, umso besser.
- > Für Klimakammern bei der Verwendung flugfähiger Insekten Türen ohne Fenster wählen oder Fenster abdecken, um zu verhindern, dass sich fliegende Insekten in Richtung des Lichts hinter den Türen bewegen (Bei Insekten, die Dunkelheit suchen anpassen). Auf Stufe 3 Fenster so abdecken, dass der Einblick von aussen temporär möglich ist. Zusätzlich ein Vlies vor der Türe aufhängen. Bei fliegenden Insekten können am Ausgang übereinander hängende, helle, einfarbige Tücher angebracht werden, damit entflozene Insekten beim Durchgehen von der Kleidung abgestreift und an den Tüchern entdeckt werden.
- > Verhindern, dass Wirbellose durch Zu- oder Abluftschächte entweichen.
- > Verhindern, dass Wirbellose durch Abflüsse entweichen (beispielsweise Filter einbauen oder Abwasser zurückhalten und kochen).
- > Ecken und Orte, in die sich die Wirbellosen verkriechen können, auf ein Minimum halten.
- > Bei Käfigen grundsätzlich die Art, Grösse und Fortbewegungsform der verwendeten Wirbellosen berücksichtigen, d. h. geflügelte – nicht geflügelte, tagaktive – nachtaktive, bewegliche (Larven) – unbewegliche (Puppen).
- > Käfige sollen bruchfest und leicht zu reinigen und zu dekontaminieren sein. Material und Materialstärke von Zuchtbehältern so wählen, dass die Wirbellosen sie nicht durchfressen (Metall, Polycarbon, doppelte Netze, auf Stufe 3 bei Infektion mit Humanpathogenen der Gruppe 3 doppelte Käfige). Das Öffnen und Schliessen ist so zu gestalten, dass keine Tiere ungewollt entweichen können. Falls notwendig sollten die Käfige mit Ärmeln ausgestattet sein, um die Organismen zu handhaben.
- > Spiegel zur Beobachtung von Wirbellosen auf Kleidern beim Ausgang oder im Vorraum (Allenfalls nach dem Arbeiten mit Wirbellosen nicht mit Wirtspflanzen oder Wirtsinsekten arbeiten, bzw. in der Umwelt in Kontakt kommen).
- > Insektenfallen installieren (Kleben, Pheromone, UV Licht). Zwischen dem Vorraum und dem Zuchtraum ist ein Insektenvorhang bzw. eine Fliegengittertüre installieren.

⁵⁹ APHIS containment guidelines for arthropods: www.aphis.usda.gov/plant_health/permits/downloads/arthropod_biocontrol_containment_guidelines.pdf, Chapter III A: Construction standards for specialised rooms, glasshouses.

⁶⁰ Arthropod containment guidelines. Vector Borne Zoonotic Dis (2003). <http://online.liebertpub.com/toc/vbz/3/2>

⁶¹ Containment Standards for Facilities Handling Plant Pests, Canadian Food Inspection Agency: www.inspection.gc.ca/english/sci/bio/plaveq/placone.shtml

- > Nährmedien und Futter für Wirbellose unzugänglich lagern (in separaten Räumen, Kühlschränken, dichten verschlossenen Behältern).
- > Fliegende Adulttiere in Exhaustoren von einem Käfig in einen anderen Käfig übertragen. Vor dem Öffnen eines Käfigs hinter dem Käfig eine Lichtquelle anbringen, so dass die Adulten sich auf der dem Licht zugewandten Rückseite des Käfigs aufhalten.

3.5 Transport

3.5.1 Sicherheitsmassnahmen für den internen Transport einschliessungspflichtiger Organismen

Werden einschliessungspflichtige Organismen innerhalb eines Gewächshauses oder eines Betriebsareals transportiert, gilt dies als interner Transport. Das Entweichen von Organismen ist gemäss ESV während des innerbetrieblichen Transports zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen zu minimieren (Stufe 1 und 2) bzw. zu verhindern (Stufe 3). Diese Massnahme kann mit den folgenden Methoden umgesetzt werden.

- > Die Verpackungen so kennzeichnen, dass deren Inhalt und deren Besitzer identifiziert werden können.
- > Pakete, die von aussen angeliefert werden, in einem abgetrennten Bereich, öffnen. Dazu je nach Risiko der Organismen die Verwendung einer Biosicherheitswerkbank erwägen.
- > Für den Fall einer fehlerhaften Verpackung geeignete Dekontaminationsmöglichkeiten und Schutzmassnahmen bereitstellen. Kontaminiertes Verpackungsmaterial unmittelbar nach Entnehmen der Organismen entsprechend der Organismen dekontaminieren (Autoklavieren, Gefrieren, etc.).
- > Rollwagen verwenden, um Fallenlassen von pflanzen- und samenhaltigen Behältern zu verhindern.

Tab. 8 > Vorschläge zur Verpackung für den internen Transport

Organismen	Verpackungsvorschläge
GV Pflanzen, verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen	Für Samen oder Pollen-tragende Pflanzen geschlossene Transportbehälter, die Entweichen von Samen oder Pollen verhindern. Behälteroberflächen dekontaminieren, falls Pollen an ihnen haften. Pflanzen ohne Pollen oder Samen in Töpfen.
Pflanzen, mit pflanzenpathogenen Mikroorganismen infiziert	Geschlossene primäre Behälter, die kein Entweichen der der Mikroorganismen erlauben, Oberflächen dekontaminiert.
Nicht-pathogene GV Mikroorganismen	Geschlossene primäre Behälter
Human- und tierpathogene Mikroorganismen und Parasiten und Material, das mit diesen Organismen infiziert ist	Primäre Behälter in geschlossenen, dichten, bruchsicheren sekundären Behältern mit Warnzeichen Biogefährdung. Auf Stufe 3 allenfalls mit Gas-sterilisierbare Material- oder Tauchschleuse für das Ausschleusen von verpacktem infiziertem Material installieren.
Gebietsfremde Wirbellose	Geschlossene, dichte, bruchsichere sekundäre Behälter um primäre Behälter. Pakete kühlen und in einer Biosicherheitswerkbank oder in einem mit Ärmeln versehenen geschlossenen Käfig öffnen.

Werden einschliessungspflichtige Organismen ausserhalb des für sie notwendigen geschlossenen Systems gelagert, muss dies in einer Verpackung geschehen, die für den externen Transport ausreicht.

3.5.2 Sicherheitsmassnahmen für den externen Transport einschliessungspflichtiger Organismen

Der externe Transport gentechnisch veränderter und pathogener Organismen unterliegt den Vorschriften des nationalen, respektive internationalen Gefahrguttransports. Detaillierte Anleitungen zum Transport, Import und Export von gentechnisch veränderten Pflanzen, Invertebraten und Mikroorganismen finden sich auf der Internetseite der Eidgenössischen Fachkommission für biologische Sicherheit, EFBS⁶².

Keine Gefahrguttransportvorschriften bestehen für verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen und gebietsfremde Wirbellose. Es muss aber gemäss Artikel 15 ESV sichergestellt werden, dass ein Entweichen von Organismen gemäss ihrem Risiko begrenzt oder verhindert wird.

Der Import und Export von besonders gefährlichen Schadorganismen gemäss Pflanzenschutzverordnung (Anhänge 1 und 2) muss durch das Bundesamt für Landwirtschaft⁶³ bewilligt werden. Zudem ist für verbotene invasive gebietsfremde Pflanzen und für gebietsfremde Wirbellose eine Import- und Export-Bewilligung für geschützte Arten nach CITES⁶⁴ notwendig, falls sie sich auf der Liste geschützter Arten des Exportlandes befinden. Für den Import von Tieren und tierischen Materialien ist eine Einfuhrbewilligung des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen⁶⁵ erforderlich.

Für Samen, Sämlinge oder ganze Pflanzen sowie für Wirbellose kann im Prinzip die folgende Verpackung gewählt werden.

- > dichte primäre Behälter;
- > dichte sekundäre Behälter und
- > eine äussere Verpackung;
- > die äussere Verpackung sollte starr sein;
- > für Flüssigkeiten: absorbierendes Material zwischen primärer und sekundärer Verpackung platzieren, so dass alle Flüssigkeit aufgesogen würde;
- > wenn mehrere primäre Behälter in einen sekundären Behälter verpackt werden, diese einzeln einwickeln, damit sie einander nicht berühren;
- > Kühlmittel: um die sekundären Behälter packen, die Verpackung sollte gegenüber dem Kühlmittel resistent sein.

Die meisten Wirbellosen benötigen weder grosse Behälter, Belüftung, Futter noch Wasser für den Transport. Die Behältertemperaturen während des Transports sind normalerweise ausreichend. Die IATA Live Animal Regulations 26th Edition beschreiben geeignete Behälter, einschliesslich für Insekten und Spinnentiere

⁶² EFBS, Transport, Import und Export von Pathogenen und GVO: www.efbs.admin.ch/index.php?id=146&L=3

⁶³ BLW, Import von Pflanzen und pflanzlichen Produkten, www.blw.admin.ch/themen/00012/01153/01155/index.html?lang=de

⁶⁴ BVET, CITES Informationen und Einfuhrformulare: www.bvet.admin.ch/themen/handel_wild/index.html?lang=de

⁶⁵ BLV, Einfuhr Tiere und Produkte aus tierischer Herkunft, www.blv.admin.ch/ein_ausfuhr/?lang=de

Die Verpackung sollte stark genug sein, um dem Transport standzuhalten. Für Pflanzen sollte Schutzmaterial Austrocknung und Beschädigung verhindern. Vor dem Transport sind vorzugsweise Samenstände, Früchte und Blüten zu entfernen oder die Pflanzen inklusive der Gefässe so einzupacken, dass Samen, Pollen, andere Pflanzenteile oder Substrat nicht in die Umwelt gelangen können.

3.6 Notfallpläne

Will man ein Entweichen von einschliessungspflichtigen Organismen in die Umwelt auch in Notfällen verhindern, macht es Sinn, die möglichen Notfälle zu identifizieren und bezüglich ihrer Relevanz zu beurteilen. Auf der Basis der Beurteilung können die notwendigen Notfallstrategien und die entsprechenden Massnahmen zur Vorbeugung und Bewältigung von Notfällen im Rahmen von Notfallplänen bestimmt werden. Dies kann ebenfalls Änderungen in den normalen Arbeitsabläufen zur Folge haben.

- > Wird das geschlossene System durch einen Unfall gestört, gilt es zwei Fälle zu beachten: 1. einschliessungspflichtige Organismen sind bereits entwichen; 2. es besteht die Möglichkeit, dass einschliessungspflichtige Organismen entweichen. Prioritär ist, das geschlossene System wieder herzustellen, um ein weiteres Entweichen zu verhindern. Die Methoden zur Rückgewinnung bzw. Inaktivierung von entwichenen einschliessungspflichtigen Organismen hängen von der Art der Organismen ab und von der Anzahl, in welchem sie entwichen sind.
- > Bei Pflanzen ist das Risiko eines unmittelbaren Entweichens vermehrungsfähiger Pflanzenbestandteile bei einem Unfall nicht so hoch, auch nicht für Pollen, falls Hygienemassnahmen eingehalten worden sind. Aus diesem Grund ist kein unmittelbarer Notfall zu erwarten. Jedoch sollte der Bruch des geschlossenen Systems so rasch als möglich behoben werden.
- > Bezüglich Wirbellosen ist die Gefahr eines Entweichens bei immobilen oder sich langsam fortbewegenden Stadien sehr gering, bei fliegenden Insekten jedoch sehr hoch, insbesondere beispielsweise bei einem Glasbruch. Der Problematik, dass fliegende Insekten praktisch nicht zurückgeholt werden können, sollte durch geeignete Käfige und Behälter und auch durch Fallen innerhalb und ausserhalb des geschlossenen Systems entgegengewirkt werden. Spezifische Verfahren sind notwendig, falls die primären Behältnisse unfallmässig beschädigt werden. Für den Fall des Entweichens aus dem geschlossenen System in andere Gebäudezonen sollten für diese Zonen Massnahmen zum Zurückholen oder Inaktivieren geplant werden.
- > Für alle einschliessungspflichtigen Organismen sollten Massnahmen zur Verhinderung eines Entweichens während Reparaturarbeiten geplant werden.
- > Um einen Bruch im geschlossenen System durch menschlichen Irrtum, Versagen eines technischen Systems, Stromunterbruch, Gebäudebruch durch Materialversagen, Sturm, Vandalismus, Überflutung etc. zu verhindern, ist schon bei der Planung auf den richtigen Standort und die richtige Konstruktion zu achten. Während des Betriebs sind sichere Arbeitspraktiken sowie der reguläre Unterhalt und die Validierung von biosicherheitsrelevanten Geräten (Autoklav, Belüftung, Biosicherheitswerkbanken, Desinfektion) für die Verhinderung von Unfällen essentiell.
- > Für einen Notfallplan ist auch das unmittelbare Vorhandensein von Materialien zur Wiederherstellung des geschlossenen Systems essentiell, z. B. zum Abdichten zer-

brochener Glasplatten oder zerrissener Netze oder Filter. Dazu ist auch das Festlegen entsprechender Vorgehensweisen notwendig, wenn zusätzlich die Belüftung oder Abwasserpumpen betroffen sind.

- > Spill Kits und die entsprechenden Verfahren sind für das Beheben von verschüttetem Material sowohl innerhalb als auch ausserhalb des geschlossenen Systems wichtig.
- > Bei Feuer ist die höchste Priorität auf den Personenschutz und die Alarmierung zu legen. Aufgrund der Tatsache, dass ein Gewächshaus aus wenigen brennbaren Materialien besteht und Feuer und Rauch die meisten Organismen zerstören dürfte, liegt die grösste Gefahr bei einem Feuer darin, dass einschliessungspflichtige Organismen mit dem Löschwasser entweichen. Je nach Risiko sind Massnahmen zu prüfen, wie Löschwasser zurückgehalten werden kann.

Die aus diesem Evaluationsprozess resultierenden Notfallpläne sollten in das gesamte Notfallkonzept des Gewächshauses bzw. der Anlage (Teile die nicht als geschlossenes System gelten) integriert werden. Für die tatsächliche Umsetzung der Kontroll-, Vorsorge- und Behebungsmassnahmen in Hinblick auf Notfälle ist die Schulung der betroffenen Personen absolut relevant. Zudem sollte die Funktionsfähigkeit der Notfallpläne wann immer machbar überprüft werden.

Mögliche Gegebenheiten, die zum Entweichen von Organismen führen könnten, sind beispielsweise:

- > Elementarschäden (Feuer, Wasser),
- > Gebäudeschäden, Bruch der Scheiben (unkontrollierter Luftaustausch);
- > Unzureichende Inaktivierung der Organismen (Abwassersterilisation, Autoklavierung, nicht mehr aktive Desinfektionsmittel);
- > Unterbruch der Belüftung (Verlust des Unterdrucks);
- > Netze und Filter, welche nicht sämtliche Stadien wirbelloser Kleintiere rückzuhalten vermögen;
- > Risse in Netzen und Filtern (Abwasser, Zu- und Abluft) bzw. Verstopfung der HEPA-Filter (High Efficiency Particular Airfilter);
- > Störung des Betriebs der Biosicherheitswerkbank;
- > Ausschütten von Flüssigkulturen von Mikroorganismen;
- > Entweichen von Wirbellosern aus Kulturgefässen oder Käfigen;
- > Entweichen von Mikroorganismen oder Wirbellosern auf Personen bei Austritt aus dem geschlossenen System;
- > Unzureichende Verpackung für den Transport von Organismen;
- > Unfall, welcher die Kontamination der betroffenen Personen oder eine Exposition anderer Personen zur Folge hat;

Falls mit humanpathogenen Organismen umgegangen wird, sind auch Notfälle bei einer Exposition der Personen im Gewächshaus zu berücksichtigen.

Zum Verhindern eines Entweichens von Organismen können beispielsweise folgende Massnahmen geplant werden:

- > Für den Fall eines Bruchs der Scheiben (unkontrollierter Luftaustausch):
 1. provisorische Plastikabdeckung bereitstellen,
 2. Organismen, falls sie oder reproduktionsfähige Bestandteile über die Luft in die Umwelt gelangen könnten, aus dem Raum entfernen und
 3. eine Dekontamination des Raumes vor dem Ersatz der Scheiben planen, falls durch die kurzzeitige, reparaturbedingte Öffnung des geschlossenen Systems einschliessungspflichtige Organismen in die Umwelt gelangen könnten.

- > Vorsorge- und Behebungsmassnahmen zur Vermeidung einer unvollständigen Inaktivierung der Organismen:
 1. Abwasserdekontaminierung, falls vorhanden: an Organismen angepasstes Verfahren eruiieren, Verfahren validieren und überwachen, Anlage regelmässig auf Funktionstüchtigkeit kontrollieren, Sicherung gegen Ablassen nicht dekontaminierten Abwassers einbauen;
 2. Autoklavierung: Autoklaventyp und Programm auf Organismen und Ladung ausrichten, korrekte Anwendung sicherstellen, Durchgänge nachverfolgen und verifizieren, regelmässigen Service einplanen;
 3. Desinfektionsmittel: Wirkungsspektrum, Haltbarkeitsdauer, Anwendungsart, Einwirkzeit definieren. Desinfektionsmittel auch für Unfälle mit Verschütten bereitstellen.
 4. Auswirkungen bei einem Versagen der Kontrollen evaluieren und an die Situation angepasste Massnahmen planen.

- > Vorsorge- und Behebungsmassnahmen, falls eine Übertragung über die Luft möglich ist:
 1. Für die Organismen geeignetes Lüftungssystem und Filter installieren und regelmässig warten, Funktion überwachen;
 2. Falls notwendig geeignete Biosicherheitswerkbank installieren, Funktion überwachen, regelmässig warten, Gebrauchsanweisung aufhängen;
 3. Auswirkungen bei einem Versagen der Kontrollen evaluieren und an die Situation angepasste Massnahmen planen, beispielsweise für Risse und Verstopfung von Netzen und Filtern.

- > Vorsorge- und Behebungsmassnahmen bei unfallmässigem Entweichen von Organismen aus primären Behältnissen:
 1. Eignung und Funktionstüchtigkeit der primären Behältnisse evaluieren und an Organismen und Arbeitsschritte anpassen;
 2. Spill Kits oder andere Massnahmen zum Inaktivieren oder Zurückholen der Organismen etablieren;
 3. Massnahmen an mögliche zu vermeidende oder zu behebende Schäden, beispielsweise Exposition oder Kontamination von Personen/Umwelt, ausrichten.

- > Massnahmen zur Behebung eines unfallmässigen Entweichens von Organismen auf Personen bei Austritt aus dem geschlossenen System auf Basis möglicher Schäden bestimmen, insbesondere Einrichtung zur persönlichen Dekontamination der Ar-

beitskleidung, bzw. Arbeitskleidung auf das Vorhandensein von wirbellosen Kleintieren überprüfen (Labormantel, Schuhüberzieher, Kopfhaube) im Arbeitsbereich.

- > Notfalltüren installieren, die den Zutritt von aussen verunmöglichen und beim Öffnen einen hörbaren Alarm auslösen.
- > Bei Anlagen der Stufe 3 sind zudem die Anforderungen der Störfallverordnung zu befolgen.

3.7

Rückbau von Gewächshäusern

Der Rückbau von Gewächshäusern beinhaltet:

- > die Ausrottung aller einschliessungspflichtigen Organismen und deren Diasporen (z. B. Samen, Pollen, mehrjährige Wurzeln, Sporen, Eier) aus dem Einschliessungsbereich,
- > Die Überwachung des Einschliessungsbereichs während einer angemessenen Zeitspanne, um mögliches Restwachstum festzustellen und zu bekämpfen,
- > die Integration des Rückbauverfahrens in das Sicherheitskonzept der Einrichtung gemäss Art. 12 ESV.

Spezifische Schritte sind dabei:

- > Alles Material aus oder mit einschliessungspflichtigen Organismen innerhalb der rückzubauenden Gewächshäuser sollte aus Erdbeeten oder Töpfen entfernt und vor dem Entfernen aus der Einschliessung sicher verpackt zur Inaktivierung gebracht werden. Es sind Vorsichtsmassnahmen zu treffen, um zu verhindern, dass Pollen, Saatgut und Pathogene oder Diasporen der Pflanzen auf den Fussboden oder auf Tische gelangen.
- > Das verpackte Material ist gemäss den allfällig geltenden internationalen Transportbestimmungen zu transportieren und vor der Entsorgung (vorzugsweise durch Autoklavieren) zu inaktivieren.
- > Saatgutlager und pathogene Kulturen sollten ebenfalls wie oben beschrieben eingesammelt und inaktiviert werden.
- > Pflanzentöpfe, die für gentechnisch veränderte Organismen verwendet wurden, sollten mit ihrem Inhalt (Erde) wie oben erwähnt verpackt und durch Autoklavieren oder Verbrennung inaktiviert werden.
- > Fussböden, Wände, Tische, Maschinen und andere Vorrichtungen sollten von allen Diasporen gereinigt werden. Bei Gewächshäusern mit versiegelten Fussböden und den anderen oben beschriebenen Bauelementen kann dies in einem ersten Schritt erreicht werden, indem alle Wand- und Fensterflächen, Tische und andere Vorrichtungen abgewischt werden. Diese Flächen und schliesslich auch der Fussboden sollten danach mit dem Staubsauger (mit High Efficiency Particular Airfilter, HEPA-Filter) gereinigt werden. Eine weitere Vorsichtsmassnahme könnte darin bestehen, Fussböden, Wände und andere Vorrichtungen abzuflammen.
- > Gewächshäuser, die für gentechnisch veränderte Pflanzen oder Pathogene verwendet wurden, sollten danach angemessen dekontaminiert werden.

- > Das Vorgehen bei Gewächshäusern mit natürlichen Erdböden, Beeten, Zementplattenböden und/oder Kiesbereichen ist schwieriger, zeitintensiver, teurer und birgt ein höheres Risiko, die Einschliessung zu verletzen.
- a) **Natürliche Erdböden und Beete:** Die Erde kann entfernt und autoklaviert oder verbrannt werden, wodurch die darin enthaltenen Samen, vegetativen Diasporen und Pathogenen inaktiviert werden. Beim Entfernen der Erde kann jedoch leicht Erde ausserhalb der Einschliessung verschüttet werden. Danach werden die leeren Beete durch eine Kombination von chemischer Behandlung, Dampfsterilisation unter Folie oder Abflämmen sterilisiert. Es ist unter Umständen auch möglich, die Erde in situ mit demselben Verfahren zu sterilisieren. Doch eine 100-prozentige Sterilisation ist je nachdem schwer zu erreichen.
- b) **Zementplattenböden:** Nach den ersten oben beschriebenen Reinigungsverfahren können die Zementplatten angehoben und die Erde durch Abschaben oder Abbürsten entfernt werden. Schliesslich werden sie vor dem Entfernen abgeflammt. Die Erde, das Kies, der Sand usw. unter den Platten kann dann wie bei den Erdbeeten sterilisiert werden. Auch bei den Zementplatten könnte eine Sterilisation in situ versucht werden. Eine Optimierung dieses Prozesses ist jedoch schwierig.
- c) **Kiesflächen:** Kiesflächen, die sich normalerweise unter den Tischen befinden, um Abwasser aufzufangen, können wie die Beete sterilisiert werden.
- d) **Ausrottung in der Einschliessung:** Eine Alternative ist ein einfacheres, aber längerfristiges Verfahren, das das Risiko der Einschliessungsverletzung verringert. Dieses besteht darin, optimale Keimungs- und Wachstumsbedingungen auch nach dem Entfernen der Pflanzen und/oder Pathogene im Einschliessungsbereich beizubehalten. Der Bereich kann dann mehrmals mit geeigneten Chemikalien begast und/oder mit Herbiziden besprüht werden, um Pflanzen und Pathogene, die aus verbleibenden Diasporen entstehen können, zu zerstören. Es muss unbedingt verhindert werden, dass irgendwelche Pflanzen, die wachsen, zur Blüte gelangen! Die Behandlung kann eingestellt werden, wenn kein weiteres Wachstum erfolgt (siehe Kapitel 3.8).
- > Alle Aktivitäten von externem Personal bei der Reinigung, der Entfernung, dem Transport und der Sterilisation sollten überwacht werden, um die Einschliessung gemäss ESV möglichst aufrechtzuerhalten.
- > Die Betriebsprozesse für die obigen Tätigkeiten vor dem Rückbau und dem Rückbauprozess erstellen und die Ergebnisse in einem Protokoll festhalten.

3.8 Überwachung

Überwachung ist eine Methode, die Einhaltung der Sorgfaltspflicht gemäss Artikel 4 ESV zu überprüfen und dokumentieren. Die Dokumentation ist während zehn Jahren nach Abschluss der Tätigkeit aufzubewahren und den Behörden zur Verfügung zu stellen. Die Verantwortlichkeit liegt bei den für die Tätigkeit verantwortlichen juristischen Personen.

3.8.1 Überwachung während des Betriebs

Überwachung während des Betriebs bedeutet im Rahmen dieser Vollzugshilfe den Nachweis einschliessungspflichtiger Organismen ausserhalb der für sie vorgesehenen geschlossenen Systeme. Gemäss den allgemeinen Sicherheitsmassnahmen nach ESV⁶⁶ (siehe Abschnitt 3.3.1) ist «bei Bedarf das Testen des Vorkommens verwendeter und lebensfähiger Organismen ausserhalb der primären physikalischen Schranken» erforderlich.

Die «primären physikalischen Schranken» sind Behältnisse wie Kulturgefässe oder Käfige, die innerhalb eines Gewächshauses verwendet werden, können aber auch ganze Abteile eines Gewächshauses oder das ganze Gewächshaus sein (für Pflanzen, auf Pflanzen applizierte Mikroorganismen oder Wirbellose).

Die Überwachung ist dabei nur auf einschliessungspflichtige Organismen auszurichten, die ausserhalb des geschlossenen Systems keimfähig bzw. überlebensfähig sind, da nur das Testen des Vorkommens «verwendeter und lebensfähiger Organismen» verlangt wird.

Die Einschränkung, das Vorkommen von Organismen sei «bei Bedarf» zu testen, bedeutet, dass die Überwachung bei begründetem Verdacht durchzuführen ist, dass Organismen aus dem geschlossenen System entweichen sein könnten. Dies ist dann der Fall, wenn sich an Behältnissen oder am Gewächshaus Lecks zeigen oder wenn deren Öffnen bzw. der Zugang dazu unter nicht kontrollierten Bedingungen stattgefunden hat oder im Rahmen eines Vorfalls unsichere Arbeitspraktiken angewandt wurden.

Ein Überwachungsprogramm umfasst die Analyse, welche Organismen wie weit und mit welcher Wahrscheinlichkeit aus dem geschlossenen System entweichen können, welche Risiken damit verbunden wären, wieweit dieses Entweichen detektiert werden kann, welche Methoden dazu geeignet sind und welche Massnahmen beim Vorkommen positiver Proben zu treffen sind. Jede positive Probe sollte eine Wiederevaluation der Einschliessungsmassnahmen bzw. Arbeitspraktiken zur Folge haben.

Das Vorhandensein von Organismen kann durch Wischtests gefolgt von PCR/Inokulationstests (Mikroorganismen), das Installieren von Sporen-/ Pollenfängern (Pflanzen, Pilze) oder spezifischen Indikator-/Wirtspflanzen (Pflanzenpathogene) etc... innerhalb und ausserhalb eines Gewächshauses nachgewiesen werden. Indikatorpflanzen jedoch nur verwenden, wenn dadurch nicht eine Verbreitung unfallmässig entweichender Organismen begünstigt wird.

Um das Gebäude kann ein mind. 1,5 Meter breiter Streifen aus Kies, gemähtem Rasen, Asphalt oder anderen geeigneten Materialien unmittelbar an der Grundfläche gezogen werden, wenn dies der Überwachung allenfalls entweichender Wirbellosen dient.

Werden gentechnisch veränderte Organismen aus dem Gewächshaus in einem weiteren Umkreis verschleppt, bzw. mit der Luft verfrachtet, geben die Empfehlungen für ver-

⁶⁶ Einschliessungsverordnung (ESV, SR 814.912): www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

bessertes Monitoring gentechnisch veränderter Organismen⁶⁷ Hinweise und Referenzen.

Inaktivierungsmöglichkeiten für entwichene Organismen innerhalb des Gewächshauses sind chemische Oberflächendekontamination, Begasung, Applikation von Herbiziden, bzw. Pestiziden. Ausserhalb des Gewächshauses besteht je nach Organismen in unmittelbarer Umgebung die Möglichkeit der Bodenbedampfung, des Oberflächenabbrennens, der Applikation von Herbiziden/Pestiziden, dem Einzäunen des betroffenen Areals und Beobachten von allenfalls aufkeimenden Sprossen entwichener Pflanzen über 2 bis 3 Wachstumsperioden, etc.

3.8.2 Überwachung während und nach einem Rückbau

Die Effektivität des Rückbaus von Gewächshäusern kann durch die Überwachung evaluiert werden. Ziel der Überwachung ist es zu überprüfen, ob sich einschliessungspflichtige Organismen innerhalb und ausserhalb des nicht mehr genutzten Gewächshauses verbreiten.

Weil die Arten und die Qualität der Gewächshausanlagen stark variieren und es eine breite Palette an involvierten Organismen gibt, sollte der Überwachungsprozess fallbezogen gestaltet werden.

- > Die Überwachung des nicht mehr genutzten Gewächshauses sollte im Normalfall vom vorherigen Benutzer durchgeführt werden. Falls der vorherige Benutzer dafür nicht mehr zur Verfügung steht, muss die Einrichtung, die das Gewächshaus jetzt nutzt, für die Überwachung eine geeignete Person ernennen.
- > Die mit der Überwachung betraute Person sollte in Absprache mit der Vollzugsbehörde den Überwachungsprozess hinsichtlich der durchzuführenden Beobachtungen, deren Häufigkeit und der Überwachungsdauer festlegen. Das Vorgehen, die Häufigkeit und die Dauer der Beobachtung sollten auf die biologischen Eigenschaften der betroffenen Organismen abgestimmt sein, insbesondere im Hinblick auf die Ruhephase und die Lebensdauer von Saatgut und Sporen unter den vorherrschenden Bedingungen.
- > Die Massnahmen, die bei Auftreten von erneutem Wachstum innerhalb der Überwachungsdauer zu ergreifen sind, einschliesslich einer allfälligen Verlängerung der Überwachungsdauer, sollten in Absprache mit der Vollzugsbehörde beschlossen werden.

Die Einschliessung muss während der Überwachung aufrechterhalten werden, und Tätigkeiten innerhalb der Anlage, die die Einschliessung verletzen (einschliesslich einer möglichen Rekontamination der überwachten Fläche) oder entkräften könnten, sind nicht zulässig. Daher

- > ist der Zugang zu den Anlagen während der Überwachungsperiode nur dem zuständigen Personal gestattet.
- > ist während der Überwachungsperiode keine weitere Nutzung der Anlagen erlaubt.

⁶⁷ Monitoring of genetically modified organisms, a policy paper: www.bafu.admin.ch/biotechnologie/11329/index.html?lang=de

> Literatur

Adair D., Irwin R. 2008: A Practical Guide to Containment: Plant Biosafety in Research Greenhouses., 2nd edition. Information Systems for Biotechnology, Virginia Tech.

Arabidopsis Biological Resource Center, Resources, Stock handling FAQs, Seed handling procedures, <http://abrc.osu.edu/seed-handling>

Armitage C., Babcock C., Bouchier R., Brière S., De Boer S., De Clerck-Floate R., Kristjansson G., Langevin P., McDonald J., Miller S., Miller S., Norman S., Parker D., Rashid K., Thompson D., Watson A., Weiler B., Young L. 2007: Containment Standards for Facilities Handling Plant Pests, 1st edition. Canadian Food Inspection Agency.

Bundesamt für Landwirtschaft, Themen, Pflanzenschutz, Import und Transfer von besonders gefährlichen Schadorganismen, Erde und Kultursubstrat sowie verbotenen Pflanzen und Pflanzenteilen, www.blw.admin.ch/themen/00012/01153/01156/index.html?lang=de

Bundesamt für Umwelt, Dokumentation, Publikationen, Biotechnologie, Einstufung von Organismen, www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01614/index.html?lang=de

Bundesamt für Umwelt, Thema Biotechnologie, Meldungen und Bewilligungen, Tätigkeiten in geschlossenen Systemen, FAQ, www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01744/01749/index.html?lang=de#sprungmarke0_2

Bundesamt für Umwelt, Thema Biotechnologie, Tätigkeiten in geschlossenen Systemen, www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01744/index.html?lang=de

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, Themen, CITES: Wildtiere und Wildpflanzen, www.bvet.admin.ch/themen/handel_wild/index.html?lang=de

CABI, Invasive Species Compendium, Datasheets, *Belonolaimus longicaudatus* (sting nematode), www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=8892&loadmodule=datasheet&page=481&site=144

Chosewood L.C., Wilson D.E. 2009: Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 5th edition. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health.

Das nationale Informationszentrum der Schweizer Flora, Neophyten, Listen & Infoblätter, www.infoflora.ch/de/flora/neophyten/listen-und-infoblätter.html

Deutsches Bundesministerium der Justiz, Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, www.gesetze-im-internet.de/bimschv_12_2000/index.html#BJNR060310000BJNE001002310

European and Mediterranean Plant Protection Organization, A2 List of pests recommended for regulation as quarantine pests, Datasheet für *Ditylenchus dipsaci*, www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm

European and Mediterranean Plant Protection Organization, A2 List of pests recommended for regulation as quarantine pests, Datasheet für *Spodoptera littoralis*, www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm

European and Mediterranean Plant Protection Organization, Plant Quarantine, www.eppo.int/QUARANTINE/quarantine.htm

Küng V. 2008: Betriebliches Sicherheitskonzept nach der Einschliessungsverordnung (ESV). Richtlinie zum Vollzug der ESV., Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Maize Genetics and Genomics Database, Maize GDB Tutorials, Controlled Pollinations of Maize, www.maizegdb.org/IMP/WEB/pollen.htm

Mikrobiologische Sicherheitswerkbank (MSW). Richtlinie zum Einsatz einer MSW beim Umgang mit humanpathogenen Mikroorganismen, www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01016/index.html?lang=de

Nagel M., Börner A. 2010: The longevity of crop seeds stored under ambient conditions Seed Science Research: 1–12.

National Institutes of Health, Office of Biotechnology Activities, NIH Guidelines for Research Involving Recombinant or Synthetic Nucleic Acid Molecules, http://oba.od.nih.gov/rdna/nih_guidelines_oba.html

Plantwise Knowledge Bank, Datasheet für *Diabrotica balteata*, www.plantwise.org/KnowledgeBank/Datasheet.aspx?dsid=18618

Sanders C.J., Mellor P.S., Wilson A.J. 2010: Invasive arthropods. Revue scientifique et technique (International Office of Zoonotics): 273–86.

Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology 1999: Consensus Document on the Biology of *Triticum aestivum* (Bread Wheat), OECD. OECD Environmental Health and Safety Publications.

Swiss Expert Committee for Biosafety, Transport, import and export of substances consisting of or containing pathogenic or genetically modified (micro)organisms, www.efbs.admin.ch/index.php?id=146&L=3

Systematische Rechtssammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen (SAMV, SR 832.321) vom 25. August 1999 (Stand 1. Juni 2012), www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19994946/index.html

Systematische Rechtssammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Verordnung über den Schutz vor Störfällen (StFV, SR 814.012) vom 27. Februar 1991 (Stand am 1. Juni 2015), www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910033/index.html

Systematische Rechtssammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (FrSV, SR 814.911) vom 10. September 2008 (Stand am 1. Juni 2012), www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20062651/index.html

Systematische Rechtssammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Verordnung über den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen (ESV, SR 814.912) vom 9. Mai 2012 (Stand am 1. Juni 2012) www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

Systematische Rechtssammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) vom 22. Juni 2005 (Stand am 1. Mai 2014), www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021080/index.html

Systematische Rechtssammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Verordnung über Pflanzenschutz (Pflanzenschutzverordnung, (PSV, SR916.20) vom 27. Oktober 2010 (Stand am 1. Januar 2015), www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20101847/index.html

United States Department of Agriculture and Plant Health Inspection Service, Containment Facility Guidelines for Noxious Weeds and Parasitic Seed Plants, www.aphis.usda.gov/plant_health/permits/downloads/noxiousweeds_containment_guidelines.pdf

United States Department of Agriculture and Plant Health Inspection Service, Containment Guidelines For Nonindigenous, Phytophagous Arthropods and Their Parasitoids and Predators, www.aphis.usda.gov/plant_health/permits/downloads/arthropod_bior_control_containment_guidelines.pdf

Vector Borne and Zoonotic Diseases 2003: Arthropod containment guidelines. A project of the American Committee of Medical Entomology and American Society of Tropical Medicine and Hygiene: 61–98.

Züghart W., Raps A., Wust Saucy A.-G., Dolezel M., Eckerstorfer M. 2011: Monitoring of genetically modified organisms. A policy paper representing the view of the National Environment Agencies in Austria and Switzerland and the Federal Agency for Nature Conservation in Germany, Umweltbundesamt GmbH, Wien.

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1		
Varianten von Gewächshäusern: Glashaus, Klimakammer	10	
Abb. 2		
Austrittspfade von Organismen aus einem Gewächshaus	22	

Tabellen

Tab. 1		
Unterschiede zu Befruchtung und Samen bei Mais, Ackerschmalwand, Tabak und Weizen	16	
Tab. 2		
Beispiele verbotener invasiver gebietsfremder Pflanzen nach der Freisetzungsverordnung	18	
Tab. 3		
Beispiele gebietsfremder wirbelloser Kleintiere	20	
Tab. 4		
Allgemeine Sicherheitsmassnahmen (AGM) in Zusammenhang mit dem Betrieb eines Gewächshauses	26	
Tab. 5		
Sicherheitsmassnahmen (SM) für Gewächshäuser der Stufe 1	31	
Tab. 6		
Sicherheitsmassnahmen (SM) für Gewächshäuser der Stufe 2	33	
Tab. 7		
Sicherheitsmassnahmen (SM) für Tätigkeiten der Klasse 3 in Gewächshäusern	37	
Tab. 8		
Vorschläge zur Verpackung für den internen Transport	45	