www.efbs.admin.ch

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

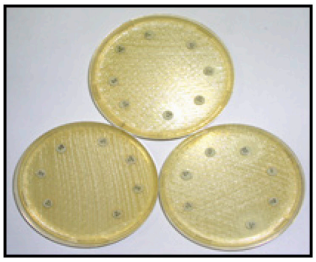
Swiss Confederation

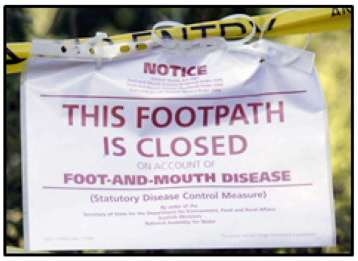
Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit EFBS
Commission fédérale d'experts pour la sécurité biologique CFSB
Commissione federale per la sicurezza biologica CFSB
Cumissiun federala per la segirezza biologica CFSB

Swiss Expert Committee for Biosafety SECB

Biologische Risiken Schweiz

Bewertung, Vergleich und Priorisierung
November 2019





Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit,
c/o Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern
Tel. +41 58 46 303 55
info@efbs.admin.ch
www.efbs.admin.ch

Projektteam

EFBS (Legislaturperiode 2016-2019)
Reinhard Zbinden (Präsident)
Patricia Ahl Goy
Eric Dumermuth
Tim Haye
Urs Klemm
Brigitte Mauch-Mani
Monika Maurhofer
Matthias Meier
Paola Pilo
Daniel Rigling
Nicola Schoenenberger
Jacques Schrenzel
Katharina Stärk
Volker Thiel
Mauro Tonolla

Ehemalige EFBS-Mitglieder (Legislaturperiode 2012-2015)
Pascal Meylan (ehemaliger Präsident)
Joachim Frey
Felix Gmünder

EFBS-Geschäftsstelle
Isabel Hunger-Glaser (Geschäftsführerin)
Julia Link

Mit der Unterstützung von

Ernst, Basler & Partner, EBP
Christine Steinlin
Lilian Blaser
Tillmann Schulze

BABS (KNS-Studie)
Markus Hohl

Vorwort

Seit Jahren beschäftigen wir uns mit biologischen Gefährdungen. Dabei stellen wir fest, dass diese zum Teil sehr unterschiedlich und nicht immer ihrem tatsächlichen Risiko entsprechend wahrgenommen werden. Mit einer objektiven Herangehensweise bei der Beurteilung wollen wir dazu beitragen, dass die Vorsorgemassnahmen angemessen priorisiert werden.

Die vorliegende Studie berücksichtigt Entwicklungen mit einem Horizont von zehn Jahren. Die sieben gewählten Beispiele widerspiegeln das Spektrum der Arbeit der EFBS. Die Risikoanalyse basiert auf Szenarien unterschiedlicher Eintrittswahrscheinlichkeit und ergänzt die Risikoanalyse von Katastrophen und Notlagen für die Schweiz (KNS) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BABS).

Mit der Priorisierung der Risiken möchten wir die beteiligten Akteure darin unterstützen, die festgestellten Probleme gemäss ihrer Wichtigkeit anzugehen und dies auch so zu kommunizieren.

Mit Weitsicht zu handeln zahlt sich aus. Es darf nicht sein, dass eine Person schwerkrank im Spital liegt und an einer bakteriellen Infektion leidet, die mit Antibiotika nicht mehr behandelt werden kann, oder dass unsere Schweinefleischproduktion wegen der Schweinepest einbricht. Auch unsere Rebberge im Lavaux, einem Unesco-Weltkulturerbe, müssen nicht von gefährlichen Pflanzenkrankheiten (wie beispielsweise *Xylella fastidiosa*) befallen und zerstört werden, so dass kein Wein mehr produziert werden kann.

Denn wenn wir alle zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Massnahmen treffen, können wir auch in Zukunft die Sicherheit von Mensch, Tier und Umwelt gewährleisten und in einer gesunden, intakten Schweiz leben.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
1.1	Ausgangslage	7
1.2	Ziele des Projekts	7
2.	Vorgehen	8
2.1	Ablauf	8
2.2	Schritt I: Gefährdungsdossiers erstellen	8
2.3	Schritt II: Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass einschätzen	9
2.4	Schritt III: Risikomatrix erstellen	10
3.	Gefährdungen und Risikoanalyse	11
3.1	Invasive Pflanzenpathogene am Beispiel *Xylella fastidiosa*	12
3.2	Tierseuche	14
3.3	Durch invasive Vektoren übertragene Krankheiten am Beispiel Tigermücke (*Aedes albopictus*) als Verursacher von Chikungunya-Epidemien	16
3.4	Antibiotikaresistenzen	18
3.5	Lebensmittelassoziierte Infektionen	20
3.6	Unbeabsichtigte Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen aus geschlossenen Systemen	22
3.7	Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit klassischen oder gentechnologischen Zuchtmethoden entwickelten Pflanzensorten	25
4.	Vergleich und Priorisierung	28
4.1	Risikodarstellung unter Anwendung aller Indikatoren	28
4.2	Risikodarstellung mit Fokus auf die Indikatoren «Personen» und «Umwelt»	30
4.3	Weitere Risikodarstellungen	31
5.	Fazit	32

Anhang

Anhang 1:	Grundlagen zur Risikoanalyse	33
Anhang 2:	Weitere Risikomatrizen	37

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS) berät als ständige Verwaltungskommission den Bundesrat und die Bundesämter bei der Vorbereitung von Gesetzen und Verordnungen, im Vollzug sowie bei Bewilligungsgesuchen. Dabei setzt sich die EFBS intensiv mit Gefährdungen auseinander, die aktuelle Themen der biologischen Sicherheit in der Schweiz betreffen. Im Rahmen des Projekts «Vergleich und Priorisierung biologischer Risiken» analysierte die EFBS sieben mögliche Gefährdungen für die Schweiz und beurteilte deren Risiken. Die Firma EBP unterstützte die EFBS bei der Analyse der Risiken. Der vorliegende Bericht fasst die Resultate des Projekts «Vergleich und Priorisierung biologischer Risiken» zusammen.

Die Studie ist als Ergänzung zur nationalen Risikoanalyse «Katastrophen und Notlagen Schweiz (KNS)»[1] zu betrachten. Gewisse Gefährdungen aus dem Bereich biologische Sicherheit wurden in den Arbeiten der EFBS nicht (z. B. Pandemie) oder nur teilweise (z. B. Tierseuche) behandelt, da diese bereits Bestandteil der KNS-Studie sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Risikoanalyse sind jedoch nur bedingt mit den Ergebnissen von KNS vergleichbar, da das methodische Vorgehen zur Risikoeinschätzung zwar ähnlich, jedoch nicht identisch ist.

Im Gegensatz zur KNS-Studie, die von punktuellen Ereignissen ausgeht, umfassen die sieben untersuchten Gefährdungen nicht nur Ereignisse, sondern auch Entwicklungen oder Trends. Für beide Gefährdungsarten wurden die Risiken für die nächsten zehn Jahre eingeschätzt. Dabei lag der Fokus auf realistisch erscheinenden Gefährdungen und nicht nur auf Worst-Case-Szenarien, wie sie z. B. in der Störfallanalyse berücksichtigt werden. Gefährdungen, die durch eine missbräuchliche Verwendung von Organismen entstehen könnten (Bioterrorismus, Dual-use), wurden explizit ausgenommen.

1.2 Ziele des Projekts

Das Projekt «Vergleich und Priorisierung biologischer Risiken» dient dem Erreichen folgender Ziele:

— Aktuelle biologische Gefährdungen mit möglichen erheblichen bis extremen Auswirkungen für die Schweiz und entsprechende Szenarien beschreiben.

— Die Risiken (Schadensausmass und Eintrittswahrscheinlichkeiten) dieser biologischen Gefährdungen bewerten.

— Die Risiken dieser biologischen Gefährdungen miteinander vergleichen, um die Basis für eine nachfolgende Priorisierung der Vorsorgemassnahmen gegen die Gefährdungen zu erarbeiten.

— Grundlagen schaffen, um die Wahrnehmung dieser biologischen Gefährdungen in der Öffentlichkeit zu versachlichen und die quantifizierten Risiken dieser Gefährdungen miteinander zu vergleichen.

1 Katastrophen und Notlagen Schweiz (KNS); Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS); Bern, 2015; https://www.babs.admin.ch/de/aufgabenbabs/gefaehrdrisiken/natgefaehrdanalyse.html

2. Vorgehen

2.1 Ablauf

Im **ersten Schritt** beschrieb die EFBS die Gefährdungen und deren Definitionen, bekannte Ereignisse, aktuelle Entwicklungen, Einflussfaktoren und mögliche Szenarien in Gefährdungsdossiers (Abbildung 1). Im **zweiten Schritt** führte die EFBS eine Risikoanalyse durch und schätzte die Risiken der Szenarien ab. Im **dritten Schritt** wurden die Risiken der sieben untersuchten Gefährdungen in einer Risikomatrix miteinander verglichen, um eine Priorisierung vorzunehmen, damit in Zukunft beschränkte Ressourcen nach nachvollziehbaren Kriterien eingesetzt werden können.

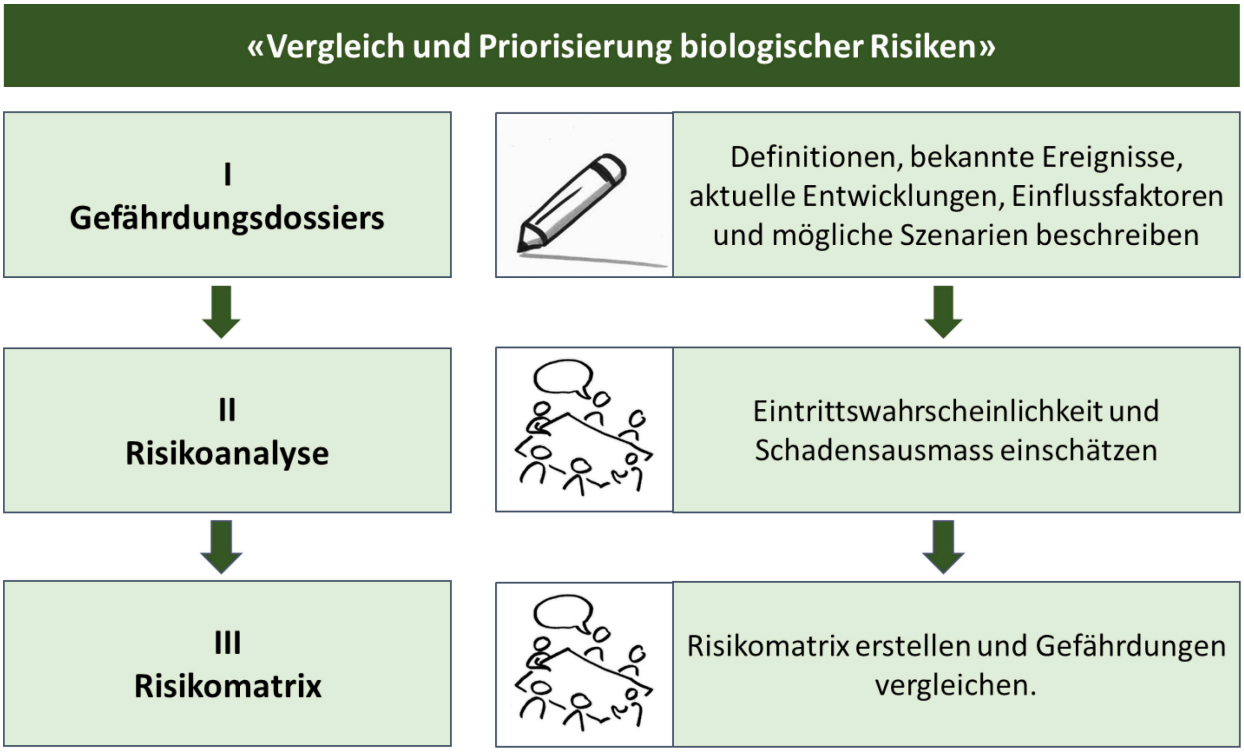


Abbildung 1 Projektablauf

2.2 Schritt I: Gefährdungsdossiers erstellen

Im ersten Schritt erstellten Mitglieder der EFBS für jede untersuchte Gefährdung ein Gefährdungsdossier. Die Dossiers sind einheitlich strukturiert und umfassen folgende Inhalte:

1. Einleitung und Definition
2. Bekannte Ereignisse und Entwicklungen
3. Relevante Einflussgrössen
4. Risikoanalyse inkl. Gefährdungsszenarien, Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass

Für jede Gefährdung entwickelten die Autorenteams - wo möglich - Referenzszenarien der Intensitätslevel *erheblich*, *gross* oder *extrem*. Die Intensitäten sind gemäss der nationalen Risikoanalyse des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (Katastrophen und Notlagen für die Schweiz, KNS)[2] folgendermassen definiert:

— *erheblich*: Es handelt sich um ein Szenario, das erheblich stärker als ein Alltagsereignis ist.

— *gross*: Es handelt sich um ein Szenario mit grosser Intensität. Es sind jedoch auch deutlich schwerere Ausprägungen und Ereignisabläufe in der Schweiz vorstellbar.

— *extrem*: Es handelt sich um ein Szenario mit extremer Intensität. Solche Ereignisse sind in der Schweiz gerade noch vorstellbar.

2.3 Schritt II: Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass einschätzen

Im Rahmen von zwei Workshops diskutierten die EFBS-Mitglieder die Gefährdungsszenarien sowie deren Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass und verglichen die Szenarien miteinander. Die Einschätzungen basierten auf der Methode der nationalen Risikoanalyse des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (Katastrophen und Notlagen für die Schweiz, KNS).[2]

Für die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit der EFBS-Szenarien wurde die KNS-Methode vereinfacht. Die Eintrittswahrscheinlichkeit der Gefährdungsszenarien wurde in vier Klassen von *sehr wahrscheinlich* bis *sehr unwahrscheinlich* eingeteilt und auf die nächsten zehn Jahre beschränkt (Tabelle 1). Der Grund für diese Vereinfachung war, dass es sich bei den Gefährdungen in der vorliegenden Studie teilweise um mögliche Entwicklungen handelt. Im Gegensatz zu wiederkehrenden Ereignissen existieren zu diesen Gefährdungen keine statistischen Grundlagen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wurde aufgrund der heutigen Situation und laufender Entwicklungen im In- und Ausland eingeschätzt.

Tabelle 1 Wahrscheinlichkeitsklassen

EFBS-Klasse	Beschreibung
EFBS 4	Der im Szenario beschriebene Zustand / das Eintreten des beschriebenen Ereignisses ist in den nächsten zehn Jahren ***sehr wahrscheinlich***.
EFBS 3	Der im Szenario beschriebene Zustand / das Eintreten des beschriebenen Ereignisses ist in den nächsten zehn Jahren ***wahrscheinlich***.
EFBS 2	Der im Szenario beschriebene Zustand / das Eintreten des beschriebenen Ereignisses ist in den nächsten zehn Jahren ***unwahrscheinlich***.
EFBS 1	Der im Szenario beschriebene Zustand / das Eintreten des beschriebenen Ereignisses ist in den nächsten zehn Jahren ***sehr unwahrscheinlich***.

Das Schadensausmass schätzten die EFBS-Mitglieder ebenfalls gemäss der KNS-Methode ein. Dafür wurden für jedes Szenario die Auswirkungen mittels zwölf Indikatoren abgeschätzt (Tabelle 2). Für jeden Indikator wurde das Schadensausmass in die Klassen A1 bis A8 eingestuft (Anhang 1). Dabei waren für die analysierten biologischen Gefährdungen die Indikatoren «Ordnung und innere Sicherheit» und «Territoriale Integrität» bei keinem Szenario relevant.

2 Methode zur Risikoanalyse von Katastrophen und Notlagen für die Schweiz (KNS); Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS); Version 1.03; Bern, 2013.

Tabelle 2 Indikatoren gemäss KNS; die kursiv geschriebenen Indikatoren waren für keine der beurteilten EFBS-Gefährdungen relevant.

Schadensbereich	Indikator	Einheit
Personen	Todesopfer	Anzahl
	Verletzte/Kranke	Anzahl
	Unterstützungsbedürftige	Personentage
Umwelt	Geschädigte Fläche und Dauer	km^2 x Jahre
Wirtschaft	Vermögensschäden und Bewältigungskosten	CHF
	Verringerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit	CHF
Gesellschaft	Versorgungsunterbrüche	Personentage
	Einschränkungen von Ordnung und innerer Sicherheit	*Personentage*
	Geschädigtes Ansehen	Intensität x Dauer
	Vertrauensverlust in Staat/Institutionen	Intensität x Dauer
	Einschränkung der territorialen Integrität	*Intensität*
	Schädigung und Verlust von Kulturgütern	Anzahl x Bedeutungskategorie

2.4 Schritt III: Risikomatrix erstellen

Für die Darstellung des Schadensausmasses in der Risikomatrix wurden die zehn Indikatoren der Auswirkungen monetarisiert und addiert. Dafür wurden die Werte der Indikatoren mittels Grenzkosten auf einen monetären Schaden umgerechnet. Angelehnt an die KNS-Studie wurden dafür die in Anhang 1 aufgelisteten Grenzkostenansätze verwendet.

3. Gefährdungen und Risikoanalyse

Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Inhalte der Gefährdungsdossiers für die sieben von der EFBS festgelegten, biologischen Gefährdungen zusammen. Es beschreibt Definitionen, Ereignisbeispiele, relevante Einflussgrössen, Gefährdungsszenarien sowie die Ergebnisse der Risikoanalyse[3].

Der Lesbarkeit halber sind die verschiedenen Schadensbereiche farblich abgebildet: der Schadensbereich *Personen* in Gelb, der Schadensbereich *Umwelt* in Grün, der Schadensbereich *Wirtschaft* in Blau und der Schadensbereich *Gesellschaft* in Rot (Abbildung 2 bis Abbildung 9).

[3] Die vollständigen Gefährdungsdossiers sind auf Anfrage bei der EFBS verfügbar: info@efbs.admin.ch

3.1 Invasive Pflanzenpathogene am Beispiel *Xylella fastidiosa*

Einleitung

Der internationale Warenhandel verschleppt unbeabsichtigt gebietsfremde, invasive Schadorganismen weltweit; diese können grosse wirtschaftliche und ökologische Schäden an Kultur- oder Wildpflanzen anrichten. *Xylella fastidiosa* (Feuerbakterium) ist ein bakterielles Pflanzenpathogen, das sich aktuell im südlichen Europa ausbreitet. Das Bakterium kann eine Vielzahl von Pflanzen befallen und durch den Handel mit diesen Wirtspflanzen verbreitet werden. Insektenvektoren spielen eine wichtige Rolle in der örtlichen Ausbreitung des Erregers. Bedroht durch *X. fastidiosa* ist insbesondere die Weinrebe, bei der eine Unterart des Bakteriums die Pierce-Krankheit verursacht. Diese Krankheit bereitet seit längerem grosse Probleme in den Weinbaugebieten der USA und in Südamerika. Besonders gefährliche Schadorganismen wie *X. fastidiosa* sind europaweit als Quarantäneorganismen definiert.

Ereignisbeispiele

— Seit 2008, Schweiz
  Der Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* befällt Eschen. Die Krankheit trat 2008 das erste Mal in der Schweiz auf. Im schlimmsten Fall führt die Infektion zum Absterben des Baumes.

— Seit 1989, Schweiz
  Das Bakterium *Erwinia amylovora* verursacht die Pflanzenkrankheit Feuerbrand. Die Krankheit betrifft vor allem die Apfel- und Birnenproduktion in kommerziellen Obstplantagen.

— Seit Mitte des 19. Jahrhunderts, Europa
  Die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) befällt Kartoffeln und Tomaten. Sie tritt seit dem 19. Jahrhundert auf und wird seither mit starkem Einsatz von Fungiziden kontrolliert. Die Entwicklung von Resistenzen könnte jedoch in Zukunft zu Problemen führen.

Relevante Einflussgrössen

— Importmenge und -häufigkeit von Wirtspflanzen aus infizierten Gebieten

— Verbreitung von *X. fastidiosa* in Europa

— Anwesenheit geeigneter Wirtspflanzen und Insektenvektoren

— Anwesenheit asymptomatischer Wirtspflanzen (versteckte Reservoire, v. a. Bäume)

— Temperatur – wärmere Regionen sind anfälliger für Infektionen durch *X. fastidiosa*

— Verfügbarkeit von Studien betreffend potenzielle Wirtspflanzen

— Vorsorgemassnahmen wie phytosanitäre Kontrollen von Importpflanzen und Gebietsüberwachung

— Notfallpläne und Massnahmen für den Fall eines Ausbruchs der Krankheit

Gefährdungsszenarien

Erheblich: Einzelne Pflanzen oder Pflanzengruppen in einem Rebberg sind mit *X. fastidiosa* infiziert. Es kommt zu Ansteckung weiterer Pflanzen und die betroffenen Pflanzen sterben ab. Die Umsetzung strenger Massnahmen führen zu einer erfolgreichen Bekämpfung des Befalls.

Gross: Mehrere Weingüter in einem grossen Weinbaugebiet der Schweiz (z. B. Tessin, Genf, Waadtland, Wallis) sind mit *X. fastidiosa* infiziert. Durch die rasche Ausbreitung des Erregers ist nach einiger Zeit die gesamte Region betroffen. In mehreren Rebbergen sterben wesentliche Bestände der Pflanzen. Der Schaden für die Schweiz ist gross, nicht nur für den Weinbau selbst, sondern auch für den Tourismus in den Weinbaugebieten. Die Weingüter verlieren durch den Verlust der Pflanzen ihren Wert als Kulturgut.

Extrem: In der gesamten Schweiz sind die Weingüter von der Infektion mit *X. fastidiosa* betroffen. Die hohe Ansteckung sowie die hohe Absterberate führen zum Verlust wesentlicher Weinreben-Bestände. Die Schweiz erleidet einen Imageschaden im Weinbau und Tourismus und verliert durch den Verlust der Weingüter wichtige Kulturgüter. Das Vertrauen in den Staat/Institutionen wird geschädigt.

Risikoanalyse

Das Auftreten des Szenarios *erheblich* wird in den nächsten zehn Jahren als *sehr wahrscheinlich* eingestuft. Das Szenario *gross* ist *wahrscheinlich*. Beide Szenarien gehen davon aus, dass *X. fastidiosa* in den nächsten zehn Jahren in die Schweiz eingeschleppt wird. Der Erreger ist in anderen europäischen Ländern bereits vorhanden und wurde auch schon in importierten Pflanzen entdeckt. Mehrere andere Pflanzenpathogene (z. B. *E. amylovora*) haben in der Vergangenheit die Schweiz erreicht, nachdem sie zunächst in anderen europäischen Ländern gemeldet wurden. Auch wenn sich die Pierce-Krankheit in der Schweiz stark ausbreitet, wird das extreme Szenario als unwahrscheinlich eingestuft. Die Pierce-Krankheit kommt in Kalifornien seit längerem vor, ohne dass die Weinproduktion stark eingebrochen ist. Die Krankheit verursacht jedoch erhebliche Bewältigungskosten.

Die Verbreitung des invasiven Pflanzenpathogens *X. fastidiosa* führt zu keinen Personenschäden. Ausnahme sind einige unterstützungsbedürftige Personen im Szenario *extrem*, bei denen es sich um Rebbauern handelt, die temporär psychologisch zu betreuen sind. Bei den Umweltschäden handelt es sich um Wildpflanzen, die *X. fastidiosa* in einem sich verändernden Klima ebenfalls infiziert. Die Vermögensschäden und Bewältigungskosten entstehen durch den monetären Verlust der Weingüter sowie durch Bekämpfungsmassnahmen und notwendige Wiederbepflanzungen. Indirekte Kosten umfassen den Verlust in der Weinproduktion. In vielen Regionen dienen die Rebberge als Erholungsgebiet und haben somit einen kulturellen und touristischen Wert, den der Verlust der Reben vermindert. Das Vertrauen in den Staat/Institutionen nimmt ab.

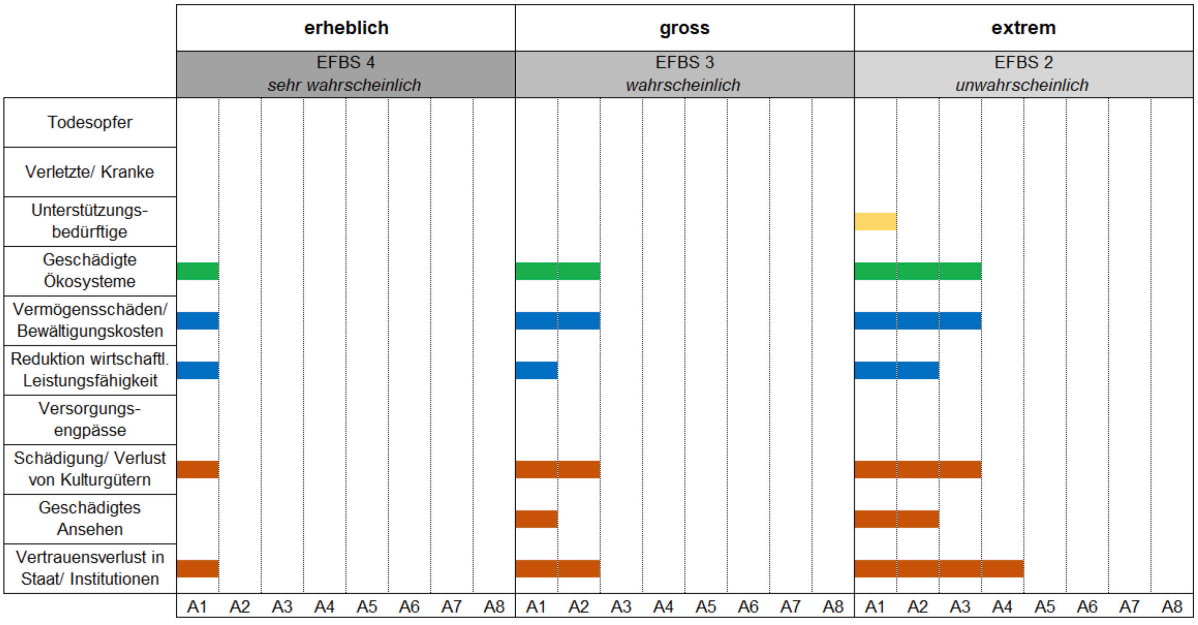


Abbildung 2 Bewertung der Gefährdung «Invasive Pflanzenpathogene am Beispiel *Xylella fastidiosa*»

3.2 Tierseuche

Einleitung

Eine Tierseuche ist eine durch Viren oder Bakterien hervorgerufene Krankheit, die Tiere betrifft und sich aufgrund ihrer ansteckenden Eigenschaften schnell verbreiten kann. Prävention und Massnahmen bei Tierseuchen regulieren das Tierseuchengesetz[4] und die Tierseuchenverordnung[5]. Gemäss Tierseuchengesetz sind Tierseuchen übertragbare Tierkrankheiten, die auf den Menschen übertragen werden können (Zoonosen), der einzelne Tierhalter nicht abwehren kann, einheimische, wildlebende Tierarten bedrohen können, bedeutsame wirtschaftliche Folgen haben können oder für den internationalen Handel mit Tieren und tierischen Produkten von Bedeutung sind.

Ereignisbeispiele

— 2016–2017, Schweiz/ Europa
  Ausbruch der hoch pathogenen Vogelgrippe in Europa. In der Schweiz wurden über 100 Wildvögel positiv getestet. Im Unterschied zur EU war in der Schweiz Nutzgeflügel nicht betroffen.

— 1993/1998, Schweiz
  1993 kam es zu fünf Seuchenausbrüchen klassischer Schweinepest in Schweinehaltungen, die rasch bekämpft werden konnten. Trotz zahlreichen Seuchenfällen im übrigen Europa in den folgenden Jahren, blieben die Schweizer Schweinebestände verschont. 1998 trat die klassische Schweinepest bei Wildschweinen im Tessin auf. Die Zusammenarbeit zwischen Veterinärwesen, Wildhütern, Jägern und Wissenschaftlern verhinderte ein Übergreifen auf Hausschweine.

Relevante Einflussgrössen

— Einschleppen der Gefährdung (Pathogen und empfängliche Tierarten)

— Ausbreitung von Vektor-Habitaten, Häufigkeit der Vektoren

— Unkontrollierte Bewegung/Migration von Wildtieren

— Import von Tieren und tierischen Erzeugnissen, unter anderem durch Reisen

— Sicherheit von Futtermitteln

— Genetische Veränderungen der Krankheitserreger (Pathogenität, Übertragungswege über die Artengrenze hinweg)

— Biosicherheitsmassnahmen in Betrieben

— Wirksamkeit von Impfungen (falls vorhanden)

Gefährdungsszenarien

Erheblich: Nach dem Auftreten erster Fälle in Nachbarländern tritt in einigen Regionen der Schweiz die Afrikanische Schweinepest[6] auf. Ansteckung und Mortalität sind tief und es handelt sich um keine Zoonose. Es kommt zu einem Reputationsschaden für die Schweiz und zu einem Vertrauensverlust der Bevölkerung in den Staat.

Gross: Nach dem Auftreten erster Fälle in Nachbarländern tritt in mehreren Regionen der Schweiz die Maul- und Klauenseuche auf, die zu einer hohen Ansteckung und Letalität bei

4 Tierseuchengesetz, https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19660145/index.html

5 Tierseuchenverordnung, https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19950206/index.html

6 Als alternatives Szenario mit ähnlichen Risiken wäre ein Auftreten der Lumpy-skin-Krankheit vorstellbar.

Tieren führt. Übertragungen auf den Menschen sind selten und bleiben ohne grössere Konsequenzen. Der Reputationsschaden für die Schweiz und der Vertrauensverlust in den Staat sind erheblich.

Extrem: In der gesamten Schweiz breitet sich eine neue Krankheit mit potenziellen zoonotischen Auswirkungen aus, ähnlich dem Schmallenberg-Virus oder der zoonotischen Influenza. Die Ansteckung von Tier zu Tier sowie die Letalität sind sehr hoch. Die Krankheit überträgt sich auch auf den Menschen. Der Reputationsschaden für die Schweiz und der Vertrauensverlust in den Staat sind gewaltig.

Risikoanalyse

Die Szenarien der Intensitäten *gross* und *extrem* sind nicht Gegenstand der EFBS-Analysen, da diese den Szenarien der Gefährdung «Tierseuche» der nationalen Risikoanalyse KNS entsprechen. Dort wurden die Risiken des Szenarios *gross* analysiert. Für diese Szenarien sei auf das KNS-Gefährdungsdossier «Tierseuche» verwiesen.[7] Da ein direkter Vergleich mit der KNS-Studie nicht möglich ist, kann dieses Szenario hier nicht abgebildet werden.

Das Szenario *erheblich* wird als *wahrscheinlich* eingestuft, da Fälle im europäischen Ausland bekannt sind. In der Schweiz gibt es aktuell keine Fälle; die Krankheit könnte jedoch auch auf Tiere in der Schweiz übertragen werden.

Das Szenario *erheblich* führt zu keinen Todesfällen beim Menschen, jedoch zu Erkrankten und Unterstützungsbedürftigen. Dabei handelt es sich um Behandlungen aufgrund psychologischer Belastungen, ausgelöst durch die Bekämpfungsmassnahmen gegen die Tierseuche (beispielsweise wegen des Schlachtens einer Herde). Umweltschäden entstehen durch die Infektion von Wildtieren, was im Fall der Afrikanischen Schweinepest wahrscheinlich ist. Eine Tierseuche führt zu Vermögensschäden und Bewältigungskosten v. a. auf den betroffenen Höfen. Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der betroffenen Höfe und auch im Exportsektor nimmt ab. Da eine Tierseuche meist in mehreren Ländern vorkommt, ist die Schädigung des Ansehens der Schweiz limitiert, der Staat/Institutionen würde jedoch einen Vertrauensverlust seitens Bevölkerung erleiden.

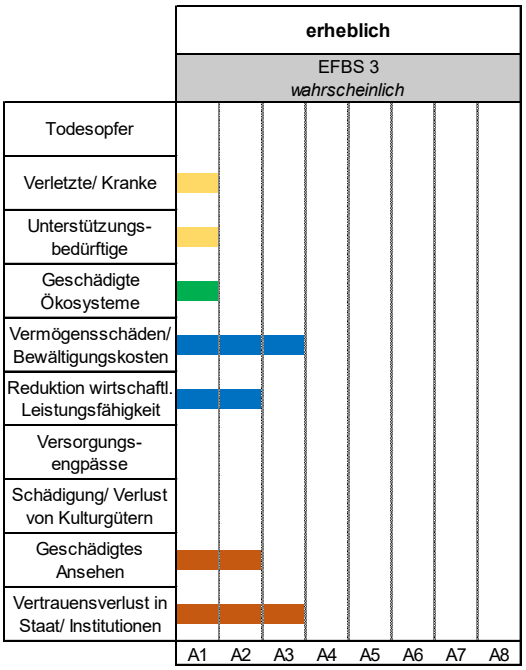


Abbildung 3 Bewertung der Gefährdung «Tierseuche»

7 KNS-Gefährdungsdossier «Tierseuche», 30. Juni 2015: https://www.babs.admin.ch/content/babs-internet/de/aufgabenbabs/gefaehrdrisiken/natgefaehrdanalyse/gefaehrddossier/_jcr_content/contentPar/accordion/accordionItems/gesellschaftsbedingt/accordionPar/downloadlist/downloadItems/525_1461741014686.download/gd_tierseuche_de.pdf

3.3 Durch invasive Vektoren übertragene Krankheiten am Beispiel Tigermücke (*Aedes albopictus*) als Verursacher von Chikungunya-Epidemien

Einleitung

Die Tigermücke (*Aedes albopictus*) ist eine Bedrohung für die Gesundheit des Menschen, da sie Pathogene auf den Menschen übertragen kann. Zu den übertragbaren Krankheiten gehören unter anderem Dengue-, Chikungunya- und Zika-Viren. Die Tigermücke ist eine aggressive, tagaktive Mücke. Aktuell werden Tigermücke-Vorkommen in 27 europäischen Ländern gemeldet. In der Schweiz hat sich die Tigermücke vorerst in den Kantonen Tessin, Graubünden und Basel etabliert, und sie wurde auch schon in weiteren Kantonen vereinzelt nachgewiesen.

Ereignisbeispiele

— 2017, Italien
Ausbruch von autochthonem Chikungunya in Lazio und Calabria. Insgesamt 489 gemeldete Fälle, 6 % davon hospitalisiert.

— 2010, Frankreich
Zwei Fälle von Dengue-Fieber in Südostfrankreich, wo die Tigermücke verbreitet ist. Beide Patienten wurden in Frankreich und nicht im Ausland angesteckt und wurden hospitalisiert.

— 2007, Italien
Ausbruch einer Chikungunya-Epidemie in der Provinz Ravenna. Das Pathogen wurde wahrscheinlich von einem zurückkehrenden Reisenden aus Indien importiert. Insgesamt 334 gemeldete Fälle im Umkreis von 49 km, davon ein Todesopfer. Die Übertragung des Virus durch die Tigermücke zeigte deren hohe Kapazität als Übertragungsvektor.

— 1927–1928, Griechenland
Letzte Dengue-Epidemie mit hoher Letalität in Kontinentaleuropa, übertragen durch die ägyptische Tigermücke *Aedes aegypti*.

Relevante Einflussgrössen

— Der Klimawandel führt zu geeigneten klimatischen Bedingungen in der gesamten Schweiz mit Ausnahme der Alpen. Gerade auch die Hitzeinsel-Effekte in den Städten sind geeignet für die Vermehrung und die Überwinterung von Insekten.

— Die Mobilität von Menschen und Gütern sowie urbane Zentren mit dichter Besiedelung führen zu einfacherer Verschleppung und Ausbreitung des Vektors und der Krankheitserreger.

— Massnahmen im Mücken-Monitoring

— Sensibilisierung von Ärzten und Laborpersonal

— Sensibilisierung der Bevölkerung sowie Prävention

— Epidemiologische und entomologische Überwachung (*early detection*) und schnelles Reagieren

Gefährdungsszenarien

Erheblich: In der Schweiz kommt es zu einer Chikungunya-Epidemie mit 100 betroffenen Personen. Acht Personen werden hospitalisiert, es kommt zu keinem Todesfall. Die Bewältigungskosten für Massnahmen zur Mücken-Kontrolle, der ökonomische Schaden, die Versorgungsengpässe bei Blutprodukten, der Reputationsschaden für die Schweiz und der Vertrauensverlust in den Staat sind erheblich.

Gross: In der Schweiz kommt es zu einer Chikungunya-Epidemie mit 1’000 betroffenen Personen. 84 Personen werden hospitalisiert, es kommt zu einem Todesfall. Die Bewältigungskosten für Massnahmen zur Mücken-Kontrolle, der ökonomische Schaden, die Versorgungsengpässe

bei Blutprodukten, der Reputationsschaden für die Schweiz und der Vertrauensverlust in den Staat sind gross.

Extrem: In der Schweiz kommt es zu einer Chikungunya-Epidemie mit 10'000 betroffenen Personen. 1'000 Personen erleiden eine Ko-Infektion mit Dengue. 950 Personen werden hospitalisiert, es kommt zu 15 Todesfällen. Die Bewältigungskosten für Massnahmen zur Mücken-Kontrolle, der ökonomische Schaden, die Versorgungsengpässe bei Blutprodukten, der Reputationsschaden für die Schweiz und der Vertrauensverlust in den Staat sind riesig.

Risikoanalyse

Das Szenario *erheblich* wird für die nächsten zehn Jahre als *wahrscheinlich* eingestuft, da die Tigermücke bereits in Teilen der Schweiz vorkommt und autochthone Übertragungen von Chikungunya in Europa Fakt sind. Die Szenarien *gross* und *extrem* werden als *unwahrscheinlich* und *sehr unwahrscheinlich* eingestuft, da eine grosse Anzahl Personen betroffen sind.

Die Personenschäden entsprechen der in den Szenarien beschriebenen Anzahl betroffener Personen. Die intensive Mückenbekämpfung schädigt Ökosysteme, was zu einem Biodiversitäts-Verlust führt. Die Bewältigungskosten umfassen Kosten der Mückenbekämpfung sowie im Gesundheitswesen. Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit ist durch die erkrankten Personen eingeschränkt. Die Versorgungsengpässe bei Blutprodukten entstehen wegen vorbeugenden Massnahmen im Blutspendesystem.[8] Die Epidemie schädigt das Ansehen der Schweiz im Ausland und das Vertrauen der Bevölkerung in den Staat/Institutionen nimmt ab.

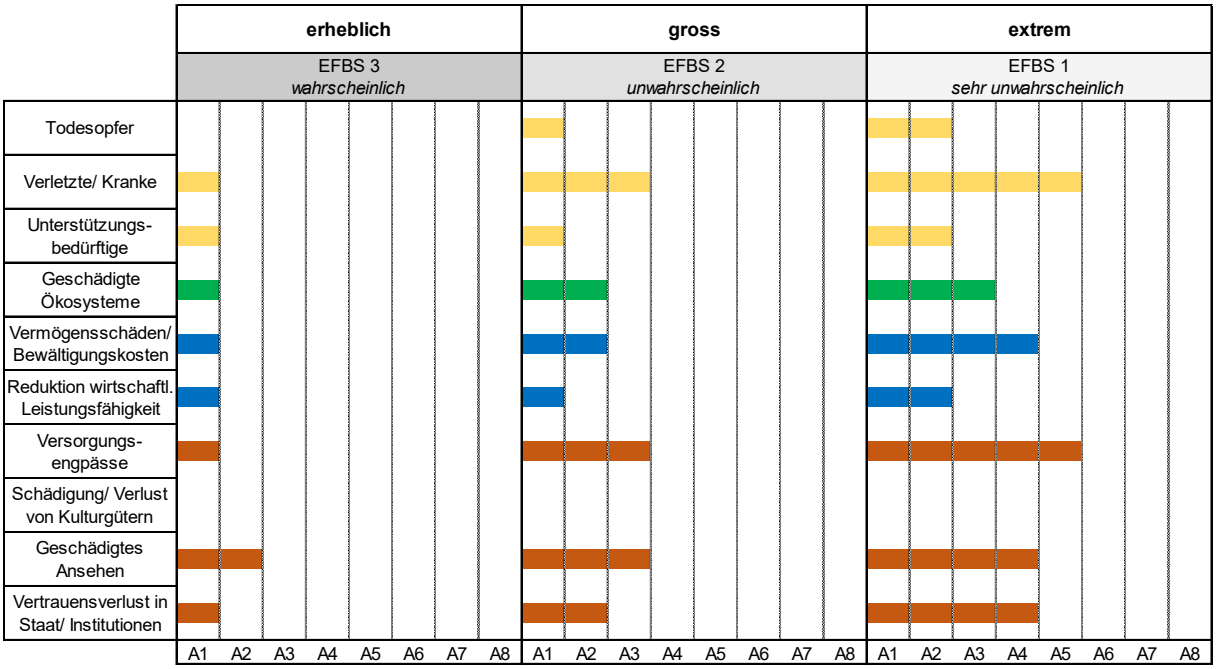


Abbildung 4 Bewertung der Gefährdung «Durch invasive Vektoren übertragene Krankheiten am Beispiel Tigermücke (*A. albopictus*) als Verursacher von Chikungunya-Epidemien»

8 Z. B. Einschränkungen der Blutspende aufgrund der Epidemie.

3.4 Antibiotikaresistenzen

Einleitung

Antibiotikaresistenz bedeutet die Widerstandsfähigkeit von Bakterien gegenüber Antibiotika. Bei einer Antibiotikaresistenz steigt im Fall einer bakteriellen Infektion die Wahrscheinlichkeit von Komplikationen und Todesfällen. In Europa sterben pro Jahr rund 25'000 Patienten aufgrund von Antibiotikaresistenzen. Auch in der Schweiz kommen bereits Antibiotikaresistenzen vor; die Zahl der Todesfälle wird auf 200 Patienten pro Jahr geschätzt.

Die aktuell zur Verfügung stehenden Reserveantibiotika müssen bereits jetzt vermehrt eingesetzt werden, weil die Resistenzen in den letzten 20 Jahren signifikant zugenommen haben. Die weitere Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen kann in Zukunft gravierend sein, weil Reserveantibiotika mit mehr Nebenwirkungen für die Behandlung von im Krankenhaus erworbenen bakteriellen Infektionen (nosokomiale Infektionen) eingesetzt werden müssen. Katastrophal ist die Situation, wenn Bakterien auch gegen diese Reserveantibiotika resistent werden.

Ereignisbeispiele

— Aktuell, Indien, China und Russland
  2016 gab es weltweit 600'000 Tuberkulose-Fälle mit Bakterien, die gegen das normalerweise effektivste Tuberkulostatika (Antibiotika gegen Tuberkulose) resistent waren. 490'000 Fälle waren sogar gegen mehrere Antibiotika resistent. Die Hälfte dieser Fälle traten in Indien, China und Russland auf.

— Aktuell, G20-Länder
  Das Auftreten von Antibiotikaresistenzen bei acht verbreiteten Bakterien in den G20-Ländern ist von 18 % im Jahr 2000 auf 22 % im Jahr 2014 gestiegen. Bei weiterhin steigendem Antibiotikakonsum wird bis 2030 ein Vorkommen von 28 % erwartet.

— Aktuell, Schweiz
  Derzeit weisen in einem schweizerischen Universitätsspital bereits 15 % aller *Escherichia coli*, die bei Patienten mit einer Blutvergiftung festgestellt werden, eine hohe Resistenz auf.

Relevante Einflussgrössen

— Menge und Art des Antibiotika-Einsatzes bei Mensch, Tier und in der Landwirtschaft sowie dessen Monitoring

— Engagement von Regierungen, Gesundheitssystemen, Pharmaindustrie, Agrarwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie gegen die weitere Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen

— Globales Bewusstsein der Patienten, Ärzte, Tierhalter und Tierärzte für die Problematik Antibiotikaresistenzen

— Globalisierung, Reiseaktivitäten und Migration

— Entwicklung neuer Antibiotika und deren kommerzielle Attraktivität

— Hygiene in allen Lebensbereichen (inkl. Lebensmittelhygiene), da weniger Ansteckungen den Einsatz von Antibiotika senken

Gefährdungsszenarien

Die Gefährdungsszenarien und die Risikoanalyse basieren auf der Annahme, dass die Schweizer Strategie Antibiotikaresistenzen (StAR) wie geplant realisiert wird. Die Gefährdungsszenarien sind trotz einer erfolgreichen Umsetzung von StAR realistisch.

Erheblich: Die Anzahl Komplikationen bei nosokomialen Infektionen und in der Folge auftretenden Todesfälle aufgrund der falschen empirischen Therapie gegen die resistenten Bakterien sowie das Risiko von Therapien mit Reserveantibiotika mit höheren Nebenwirkungen und Interventionen aufgrund von anfänglich erfolgloser antibiotischer Therapie nehmen leicht zu.

Es kommt zu beträchtlichen Kosten durch Prävention, Hygiene, Analytik und Quarantäne-Massnahmen.

Gross: Die Anzahl Komplikationen und Todesfälle sowie das Risiko von Therapien und Interventionen steigen langsam aber konstant an. Es kommt zu erhöhten Kosten durch Prävention, Hygiene, Analytik und Quarantäne-Massnahmen. Auch die Kosten für Behandlungen von Mensch und Tier sind hoch. Es gibt vermehrt Verluste von Menschenleben und Tierbeständen. In Teilbereichen wird eine Verringerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit mit Versorgungsunterbrüchen erkennbar; der Vertrauensverlust in die öffentlichen Institutionen wie auch das geschädigte Ansehen der Schweiz werden national thematisiert.

Extrem: Die Anzahl Komplikationen und Todesfälle steigt in den nächsten Jahren markant um einen Faktor fünf an. Antibiotika sind nicht mehr wirksam. Zahlreiche Operationen und Therapien sind nicht mehr möglich. Es kommt zu unkontrollierbaren Epidemien und hohen Verlusten von Tierbeständen. Eine Verringerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit geht mit Versorgungsunterbrüchen einher. Der Vertrauensverlust in die öffentlichen Institutionen wie auch das geschädigte Ansehen der Schweiz werden international spürbar.

Risikoanalyse

Die Szenarien *erheblich* und *gross* werden als *sehr wahrscheinlich* und *wahrscheinlich* eingestuft, da bereits heute in der Schweiz Antibiotikaresistenzen vorkommen und schwerwiegende Konsequenzen haben können. Das Szenario *extrem* wird als *sehr unwahrscheinlich* eingeschätzt.

Die Personenschäden entsprechen der in den Szenarien beschriebenen Anzahl betroffener Personen. Ökosysteme sind durch die Gefährdung nicht beeinträchtigt. Vermögensschäden und Bewältigungskosten umfassen Kosten im Gesundheitswesen, Prävention, Hygiene, etc. Es kommt zu Engpässen bei der Versorgung mit Antibiotika. Das Ansehen der Schweiz und das Vertrauen der Bevölkerung in Staat/Institutionen sind geschädigt.

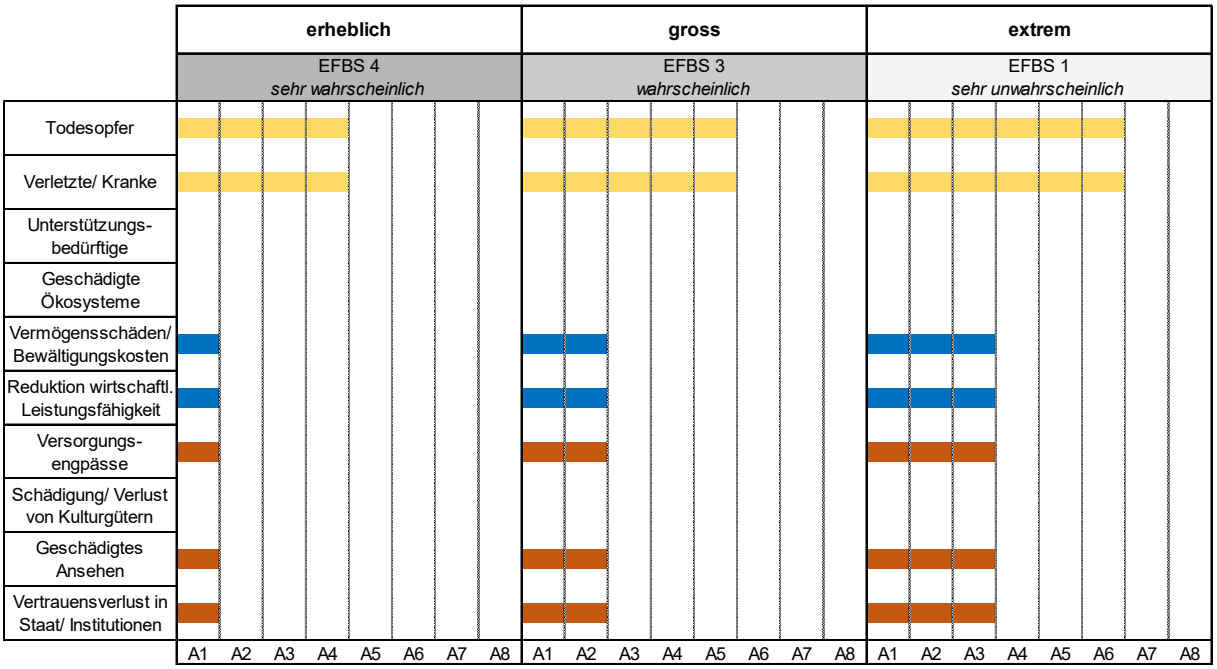


Abbildung 5 Bewertung der Gefährdung «Antibiotikaresistenzen»

3.5 Lebensmittelassoziierte Infektionen

Einleitung

Lebensmittelassoziierte Infektionen und Schäden durch Toxine können durch mikrobielle Verunreinigungen von Lebensmitteln (Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten) oder durch von Bakterien oder Pilze erzeugte Toxine entstehen. Da Letztere (z. B. Aflatoxin) dank Überwachungs- und Hygienemassnahmen unter Kontrolle sind, werden sie hier nicht weiter behandelt. Lebensmittelassoziierte Infektionen entstehen durch Verstösse gegen die Vorgaben der Lebensmittelsicherheit und führen zu Gesundheitsproblemen beim Menschen.

Ereignisbeispiele

— 2017, Frankreich
Ein französischer Molkereikonzern musste über 7’000 Tonnen Babymilchprodukte zurückrufen, nachdem 20 Babys an Salmonellose mit teilweise blutigem Durchfall erkrankt waren.

— 2011, Deutschland
Im Sommer 2011 kam es in Deutschland zu einem gehäuften Auftreten von Erkrankungsfällen im Zusammenhang mit einer Infektion durch enterohämorrhagische *Escherichia coli*. Insgesamt erkrankten rund 4’000 Personen, 53 Personen verstarben. Ursache des Ausbruchs waren aus Ägypten importierte Bockshornkleesamen für die Sprossenproduktion. Der Rückruf betroffener Chargen und Importverbote führten zu einer Eindämmung der Epidemie.

— 1984, Grossbritannien
1984 trat in Grossbritannien bei Rindern erstmals die stets tödlich verlaufende Infektionskrankheit BSE auf («Rinderwahnsinn»). 1992 wurde mit mehr als 37'000 Fällen der Höchststand erreicht. Die in der Folge auftretende neue Variante der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit bei Menschen wurde mit dem Verzehr von Lebensmitteln von BSE-kontaminierten Tieren in Verbindung gebracht. Weltweit erkrankten 200 Personen (173 in Grossbritannien), wobei 168 starben. In der Folge wurde die Kontamination von Lebensmitteln durch Risikomaterial des Rindes mit zusätzlichen Hygienemassnahmen unterbunden. Mit einem generellen Verfütterungsverbot von Tiermehl wurde die Infektionskette im Veterinärbereich unterbrochen.

— 1980, Baselland
An einem Orientierungslauf wurde ein Getränk angeboten, das mit roher Milch zubereitet worden war. In der Folge erkrankten 500 Teilnehmende an Campylobacter-Enteritis.

— 1963, Zermatt
Eine Trinkwasserkontamination führte zu einer schweren Typhus-Epidemie, bei der 437 Personen hospitalisiert wurden und drei Personen starben. Zur Krisenbewältigung war der B-Dienst der Armee im Einsatz. In der Folge der Epidemie wurden die kantonalen Trinkwasserkontrollen ausgebaut und bei Kantonen und Bund Kompetenzen im Bereich mikrobiologische Lebensmittelhygiene verstärkt.

Relevante Einflussgrössen

— Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger und sicherer Lebensmittel, z. B. in Abhängigkeit der Infrastruktur für Gewinnung und Verteilung von Lebensmitteln oder Umweltfaktoren wie z. B. Temperatur

— Lebensmittelgesetzgebung und Vollzug (Früherkennung, Krisenmanagement und Risikokommunikation, inkl. Meldepflicht, epidemiologische Überwachungsmethoden, betriebliche Risikoanalyse etc.)

— Bewusstsein für das Thema Lebensmittelhygiene in der Gesellschaft

— Bereitstellen wissenschaftlicher Grundlagen und epidemiologischer Daten

Gefährdungsszenarien

Erheblich: An einem Open-Air-Festival werden mit Salmonellen, Campylobacter oder ähnlichen Krankheitserregern kontaminierte Lebensmittel an eine Grosszahl Besucherinnen und Besucher abgegeben. Nach Erkennen der Kontamination wird der Verkauf gestoppt und die verteilten Lebensmittel werden zurückgerufen. Das Ereignis führt zu Erkrankungen, Kosten für die Rückrufaktionen, Imageverlust und zu wenigen Todesfällen.

Gross: In einer Grossstadt oder Agglomeration wird das Trinkwasser mit pathogenen Organismen (z. B. Erreger von Typhus, Cholera, etc.) kontaminiert (technisches Versagen oder Naturereignisse). Der Ausfall von Aufbereitungs- und Überwachungsmassnahmen führt zur Verteilung des kontaminierten Trinkwassers an eine Grosszahl Anwohner. Die Folgen sind Erkrankungen, Todesfälle, wirtschaftliche Verluste, Wiederherstellungs- und Reinigungs- respektive Desinfektionskosten sowie ein Vertrauensverlust der Bevölkerung in die Trinkwasserversorgung.

Extrem: Die Verbreitung von Prionen oder ähnlichen Krankheitserregern mit langer Inkubationszeit führt zu einer Lebensmittelinfektion in der Bevölkerung. Aufgrund fehlender Kenntnisse über Verbreitung und Vektoren dauert die Ausbreitung an. Fehlende Behandlungsmöglichkeiten betroffener Patienten führen zu langer Krankheitsdauer und zahlreichen Todesfällen.

Risikoanalyse

Das Szenario *erheblich* wird für die nächsten zehn Jahre als *sehr wahrscheinlich* eingestuft, da solche Verunreinigungen relativ einfach vorkommen können. Die Szenarien *gross* und *extrem* werden als *unwahrscheinlich* und sehr *unwahrscheinlich* eingestuft, da in der Schweiz ähnliche Ereignisse einige Zeit zurückliegen, resp. weltweit nur einzelne Ereignisse bekannt sind.

Die Personenschäden entsprechen den durch die Infektion Erkrankten und den Todesfällen. Die Gefährdung beeinträchtigt keine Ökosysteme. Vermögensschäden und Bewältigungskosten umfassen Kosten für Rückrufaktionen, Reinigungs- und Desinfektionskosten sowie wirtschaftliche Verluste durch erkrankte Personen. Für bestimmte Produkte können Versorgungsengpässe entstehen. Zusätzlich führen grosse oder extreme Ereignisse zu einem geschädigten Ansehen der Schweiz im Ausland und zu einem Vertrauensverlust in den Staat/Institutionen.

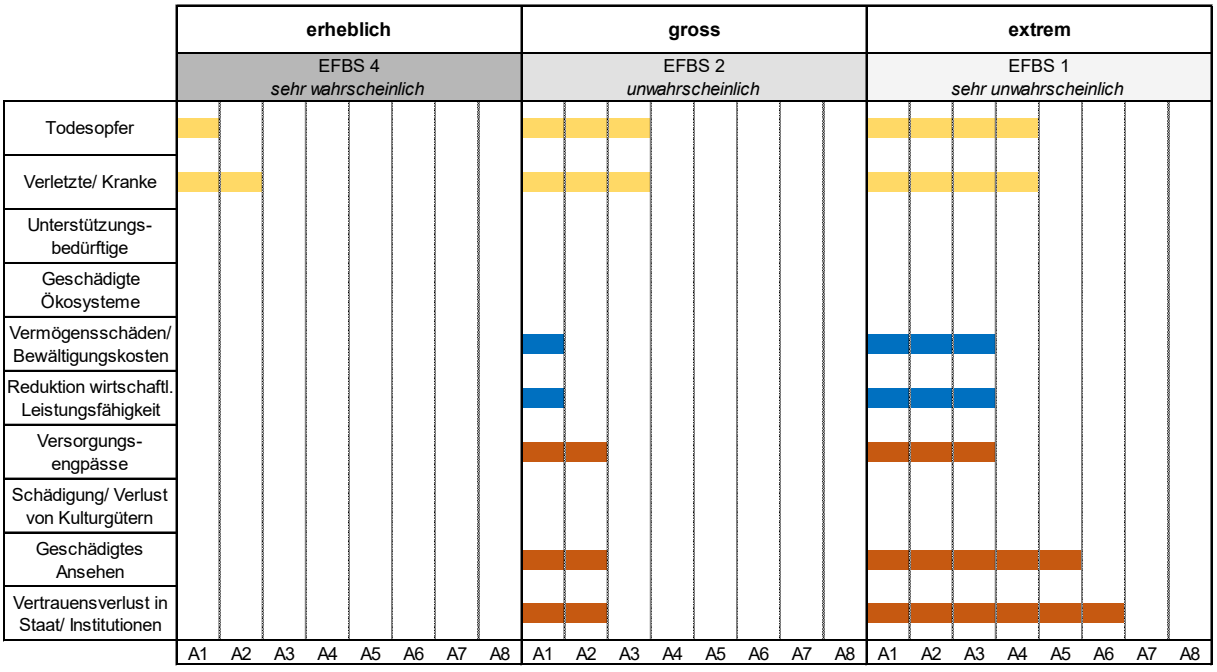


Abbildung 6 Bewertung der Gefährdung «Lebensmittelassoziierte Infektionen»

3.6 Unbeabsichtigte Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen aus geschlossenen Systemen

Einleitung

Zu den gefährlichen Mikroorganismen gehören natürlich vorkommende Mikroorganismen, die für Menschen, Tiere oder Pflanzen krankheitserregend sind, sowie gewisse gentechnisch modifizierte Mikroorganismen. Mikroorganismen werden mit steigender Gefährlichkeit in die Risikogruppen 1 bis 4 eingeteilt und in geschlossenen Systemen gehalten, um Menschen und Umwelt vor schädlichen Folgen zu schützen. In der Schweiz gibt es für Tätigkeiten in geschlossenen Systemen vier Stufen der biologischen Sicherheit, die weitgehend den Risikogruppen der Mikroorganismen entsprechen. Jede Stufe verlangt spezifische Sicherheitsmassnahmen, die durch die Einschliessungsverordnung[9] und die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen[10] vorgegeben sind. Eine Freisetzung kann über verschiedene Pfade geschehen; dazu gehören Abfälle, Abwasser, wiederverwendbare Materialien, Abluft, Verschleppung über Personen bei Hygienemängeln und Versagen technischer Barrieren bei Unfällen.

Ereignisbeispiele

— 2014, Belgien
  45 Liter konzentrierte, infektiöse Polioviruskultur der Risikogruppe 2 gelangten in das Abwassersystem eines pharmazeutischen Unternehmens, das inaktiven Polioimpfstoff produziert. Das Virus kann in der Umwelt während mehreren Wochen infektiös bleiben. Die Behörden analysierten mögliche Transmissionspfade und warnten die Bevölkerung. Personen, die mit den möglicherweise verschmutzten Gewässern in Kontakt gekommen waren, wurden gegen Polio geimpft. Analysen flussabwärts gezogener Wasserproben waren alle negativ, worauf keine weiteren Massnahmen notwendig waren.

— 2007, Grossbritannien
  In Pirbright, wenige Kilometer entfernt von einem staatlichen Referenzlaboratorium für Maul- und Klauenseuche (MKS) und einem pharmazeutischen Unternehmen, das inaktiven MKS-Virusimpfstoff produziert, erkrankten Kühe an dieser Seuche. Abklärungen von Experten ergaben, dass das hochansteckende Virus der Risikogruppe 4 nicht aus natürlichen Quellen stammte, sondern wahrscheinlich durch ein Leck im Abwassersystem der Anlagen freigesetzt wurde. Der Ausbruch führte zum Verlust von 2’160 Tieren.

— 2005, USA
  Drei Mitarbeiter eines Labors der Boston Universität wurden dem Bakterium *Francisella tularensis* ausgesetzt; ein Erreger der Risikogruppe 3, der die seltene Krankheit Tularämie (Hasenpest) auslösen kann. Die Mitarbeiter dachten, sie arbeiteten mit einem harmlosen Impfstamm. Die Probe war jedoch vermischt mit einem virulenten Stamm. Die Mitarbeiter überlebten, zwei mussten jedoch hospitalisiert werden.

— 1978, Grossbritannien
  Nach der Freisetzung eines Pockenvirus der Risikogruppe 4 aus einem Forschungslabor der Universität Birmingham kam es zu einem Pocken-Ausbruch mit einem Todesopfer. Die Ansteckung geschah wahrscheinlich über das Ventilationssystem, das die freigesetzten Viren im Gebäude weiterverbreitet hatte.

9 Einschliessungsverordnung, https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100803/index.html

10 Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen, https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19994946/index.html

Relevante Einflussgrössen

— Art, Risikogruppe und Menge der freigesetzten Mikroorganismen

— Sicherheitsmassnahmen der Betriebe

— Qualität und Zustand der technischen Installationen und der Infrastruktur

— Ausbildung und Risikowahrnehmung der Mitarbeitenden

— Anzahl Labore der Risikoklassen bzw. Sicherheitsstufen 1 bis 4 in der Schweiz

Gefährdungsszenarien

Erheblich: In einem Diagnoselabor der Sicherheitsstufe 2 werden Brucellen freigesetzt. Zwei Mitarbeitende infizieren sich. Weitere Personen werden nicht angesteckt. Einige Wochen später entwickeln beide Personen Symptome und müssen mit Antibiotika behandelt werden.

Gross: In einer Forschungsinstitution der Sicherheitsstufe 3 wird ein Tuberkulose-Erregerstamm freigesetzt, der Multiresistenzen gegenüber Tuberkulostatika aufweist. Fünf ungeschützte Mitarbeitende infizieren sich durch Inhalation oder Kontakt. Das Ereignis geschieht im Winter, wodurch die Mitarbeitenden die Symptome vorerst mit einer Erkältung verwechseln und weitere Personen anstecken. Insgesamt infizieren sich weitere zehn Personen, von denen eine erkrankt. Die fünf Mitarbeitenden und die zusätzliche Person werden hospitalisiert und mit Tuberkulostatika behandelt. Sie erholen sich, bleiben aber gesundheitlich beeinträchtigt.

Extrem: In einer Forschungsinstitution der Sicherheitsstufe 4 wird mit einer neuartigen und mit Gentechnik hergestellten Variante eines hochpathogenen Vogelgrippevirus vom Typ Influenza A/H5N1 gearbeitet, welches im Gegensatz zum natürlich vorkommenden Virus leicht auf Menschen übertragen wird. Wegen einem zunächst unbemerkten Defekt im Lüftungssystem werden Viren in die Umwelt freigesetzt, was zur Ansteckung von einigen Wildvögeln führt. Diese übertragen das Virus auf Hühner einer nahegelegenen Farm. Einige Arbeiter dieser Farm erkranken darauf. Insgesamt zeigen 25 Personen Krankheitssymptome und werden hospitalisiert, davon versterben zehn Personen. Die Verbreitung des Virus kann mit Contact Tracing, Isolation der Patienten und dem Einsatz eines experimentellen Wirkstoffes schliesslich eingedämmt werden. In einem grösseren Umkreis muss die Schlachtung von Geflügel und ein Monitoring von Wildvögeln angeordnet werden. Eine grössere Anzahl von Kontaktpersonen im Umfeld der Patienten muss mit sozialen Massnahmen unterstützt werden (z.B. Care Management, Organisation Kinderbetreuung).

Risikoanalyse

Eintrittswahrscheinlichkeiten: Das Szenario *erheblich* wird als *wahrscheinlich* eingestuft, da Labore der Sicherheitsstufe 2 tiefere Sicherheitsstandards haben als Labore mit höheren Sicherheitsstufen. Das Szenario *gross* wird als *unwahrscheinlich* eingestuft; dies aufgrund der hohen technischen und organisatorischen Sicherheitsstandards und da nur sehr spezialisiertes, gut ausgebildetes Personal mit geeigneter Schutzausrüstung in solchen Laboren arbeitet.

Das Szenario *extrem* wird hingegen als *sehr unwahrscheinlich* eingestuft, da derartige Experimente für die Schweiz zurzeit weder durchgeführt noch geplant sind, und unter Umständen gar nicht bewilligt würden, jedoch ein solches «Unfallszenario» gerade noch vorstellbar ist.

Schadensausmass: In den Szenarien erheblich und *gross* kommt es neben den erkrankten Personen zu keinen weiteren Personenschäden, hingegen sind einige Todesoper beim Szenario *extrem* zu erwarten. Die Vermögensschäden und Bewältigungskosten beschränken sich mit Ausnahme des Extremszenarios, wo ein beträchtlicher wirtschaftlicher Schaden aufgrund seuchenpolizeilicher Massnahmen zu beziffern ist, in allen Szenarien auf die Gesundheitskosten. Bei den Szenarien *gross* und *extrem* kommt es zusätzlich zu einem Verlust des Ansehens der Schweiz sowie zu einem substantiellen Vertrauensverlust in Staat und Institutionen.

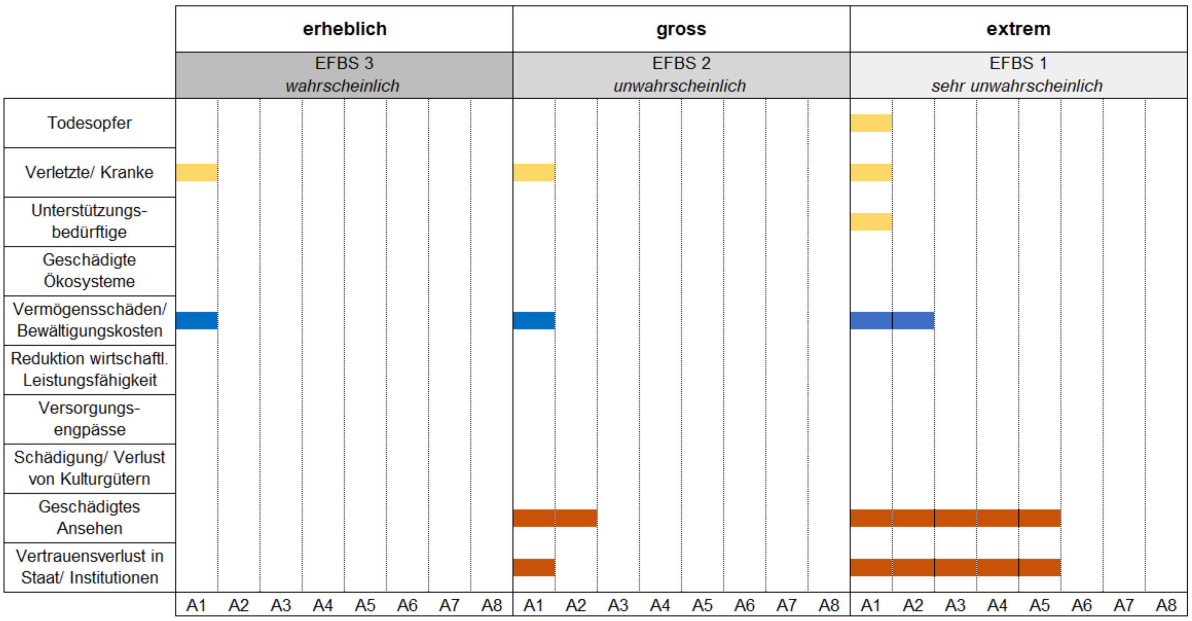


Abbildung 7 Bewertung der Gefährdung «Unbeabsichtigte Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen aus geschlossenen Systemen»

3.7 Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit klassischen oder gentechnologischen Zuchtmethoden entwickelten Pflanzensorten

Einleitung

Die klassische Pflanzenzucht bezeichnet die selektive Züchtung von Pflanzensorten. Die gentechnologische Pflanzenzucht umfasst den Transfer von Genen von einem Organismus zum anderen. Dazu gehört unter gewissen gesetzlichen Regulierungen auch die präzise Veränderung von DNA (Genom-Editierung), z. B. durch CRISPR-Technologien.

Pflanzen enthalten natürlicherweise Substanzen, die Menschen oder Tiere gefährden können. Zucht kann die Konzentrationen solcher Substanzen erhöhen oder deren Zusammensetzung in der Pflanze verändern, was beim Verzehr solcher Pflanzen die Gesundheit von Menschen oder Tieren beeinträchtigen kann. Weitere mögliche negative Folgen sind Persistenz, Invasivität in der Umwelt oder Auswirkungen veränderter Anbau- oder Erntetechniken auf die Biodiversität.

Die klassische Pflanzenzucht kann auf eine lange Historie von sicherem Einsatz zurückblicken, der auf der Beurteilung der Produkte beruht. Die gentechnologische Pflanzenzucht ist hingegen erst 25 Jahre alt und wird prozessorientiert beurteilt, was aber auch anders gehandhabt werden könnte.[11]

Ereignisbeispiele

— 2009–2012, USA, Kanada
  In den USA und in Kanada konnten sich nach der Kultivierung von gentechnisch verändertem Raps (*Brassica napus*) wilde gentechnisch veränderte Populationen etablieren. Auch in Japan, wohin der Raps exportiert wird und in der Schweiz, wo gentechnisch veränderter Raps weder kultiviert noch importiert wird (Invasivität), wurden vereinzelt solche Pflanzen gefunden. Auch wurde ein Gentransfer von *B. napus* auf die verwandte Art *Brassica rapa* nachgewiesen.

— Ab 2000, USA
  Gentechnisch veränderte Bt-Pflanzen und Cry-Proteine interagieren mit Ziel- und Nichtzielorganismen. Im Allgemeinen werden im kommerziellen Anbau keine negativen Effekte auf Nichtzielorganismen beobachtet, aber einzelne Berichte von Labor- oder Feldsituationen beschreiben negative Effekte auf Florfliegen, Regenwürmer, Honigbienen und andere Organismen. Diese Berichte sind jedoch zum Teil umstritten.

— 1960, USA
  Die Lenape-Kartoffel entstand durch konventionelle Züchtung für die Produktion von Kartoffelchips. Die neue Art hatte jedoch deutlich höhere Solanin-Konzentrationen als andere Kartoffelarten, was bei Einnahme zu schwerem Brechreiz führte.

Relevante Einflussgrössen

— Pflanzenart

— Neue Eigenschaften der Pflanzensorte und deren mögliche beabsichtigte und unbeabsichtigte, direkte und indirekte Auswirkungen auf Menschen, Tiere oder Umwelt

— Nutzungsart der Pflanze, betroffene Umwelt und Anforderungen an die Anbaumethoden

— Ökologischer und ökonomischer Nutzen der neuen Pflanzensorten

— Politische und rechtliche Rahmenbedingungen betreffend die Regulierung gentechnisch veränderter Pflanzen

---

11 Bericht der EFBS zu neuen Pflanzenzuchtverfahren, Dezember 2016: https://www.efbs.admin.ch/inhalte/dokumentation/Ansichten/D_Bericht_EFBS_Neue_Pflanzenzuchtverfahren.pdf

— Weitere Entwicklung der Technologie, z. B. neue Technologien, bei denen die gezüchteten Arten nicht mehr von den natürlichen zu unterscheiden sind

Gefährdungsszenarien

Für die klassische und die gentechnologische Zuchtmethode werden je zwei Gefährdungsszenarien beschrieben. Ein Szenario mit der Intensität *extrem* ist für beide Zuchtmethoden aus Sicht der EFBS nicht realistisch. Auch das Szenario *gross* der gentechnologischen Pflanzenzucht ist mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von EFBS 1 (*sehr unwahrscheinlich*) eigentlich bereits überbewertet; sein Eintreten ist nahezu ausgeschlossen. Grund dafür sind die strengen Regulierungen, vor allem im Bereich Gentechnologie. Neue Produkte unterliegen strengen Kontrollen und umfangreichen Untersuchungen.

Klassische Pflanzenzucht

Erheblich: Eine neue Erdbeersorte mit unerkanntem allergischem Potenzial kommt auf den Schweizer Markt. Mindestens 500 Personen zeigen allergische Reaktionen und sind medizinisch zu betreuen. Die Erdbeersorte wird vom Markt genommen, was zu Kosten für die Rückrufaktion und zu einem Preissturz bei Schweizer Erdbeeren führt.

Gross: Eine neue Erdbeersorte mit unerkanntem allergischem Potenzial kommt auf den Schweizer Markt. Mindestens 3’000 Personen zeigen allergische Reaktionen und sind medizinisch zu betreuen. 500 Personen werden hospitalisiert, eine Person stirbt an einem anaphylaktischen Schock. Die Erdbeersorte wird vom Markt genommen, was zu Kosten für die Rückrufaktion und zu einem Preissturz bei Schweizer Erdbeeren führt.

Gentechnologische Pflanzenzucht

Erheblich: In Europa und der Schweiz wird gentechnisch veränderter Raps mit verbessertem Öl-Gehalt und/oder Insektenresistenz angebaut. Durch die gentechnische Modifikation wird die Pflanze persistenter und verbreitet sich ausserhalb des kultivierten Gebiets. Der Raps hybridisiert mit verwandten, wilden Arten und wird zu einem Problem im Schweizer Agroökosystem. Die Folge sind hohe Management-Kosten und verminderter Ernteertrag. Auch die ebenfalls persistenteren verwandten, wilden Arten verbreiten sich und führen zu veränderten Habitaten und Verlust von Biodiversität. Die Verbreitung der Pflanzen wird bekämpft. Die menschliche Gesundheit wird nicht beeinträchtigt. Das Ereignis hat eine hohe Medienpräsenz.

Gross: In Europa und der Schweiz wird gentechnisch modifizierte Hirse (Sorghum) angebaut, die kältetolerant ist. Die Hirse hybridisiert mit der wilden Mohrenhirse (Johnsongrass). Die Hirse, die Hybride sowie die wilde Mohrenhirse selbst werden zum grossen Unkrautproblem im Schweizer Agroökosystem. Betroffen ist eine Fläche von ca. 300 km^2. Die Folge sind hohe Kosten, um die Unkrautverbreitung einzudämmen, Verluste in Ernteertrag sowie häufigere allergische Reaktionen auf Pollen der wilden Mohrenhirse (1’000 – 3’000 betroffene Personen). Das Ereignis hat eine hohe Medienpräsenz.

Risikoanalyse

Die Szenarien *erheblich* und *gross* der klassischen Pflanzenzucht werden für die nächsten zehn Jahre als *unwahrscheinlich* und *sehr unwahrscheinlich* eingestuft, da neue Pflanzensorten regelmässig entwickelt und vermarktet werden, diese jedoch selten ein unerkanntes allergisches Potenzial mit grossen Auswirkungen haben. Die Szenarien *erheblich* und *gross* der gentechnologischen Pflanzenzucht werden für die nächsten zehn Jahre beide als *sehr unwahrscheinlich* eingestuft. Vor einem Anbau würden umfangreiche Sicherheitsabklärungen durchgeführt, um negative Effekte des Anbaus auszuschliessen. Zusätzlich bleibt der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen in der Schweiz durch ein Moratorium bis 2021 verboten.

Ökosysteme werden durch die Ausbreitung der gentechnisch veränderten Pflanzen sowie deren Bekämpfung beeinträchtigt. Wirtschaftlicher Schaden entsteht durch die Bekämpfung

der ausgebreiteten Pflanzen und durch Ernteausfälle. Im Fall der gentechnologischen Pflanzenzucht wird das Ansehen der Schweiz geschädigt durch die hohe Medienpräsenz sowie durch Demonstrationen der Gentechnik-Gegner. In allen Szenarien kommt es zu einem Vertrauensverlust der Bevölkerung in den Staat/Institutionen.

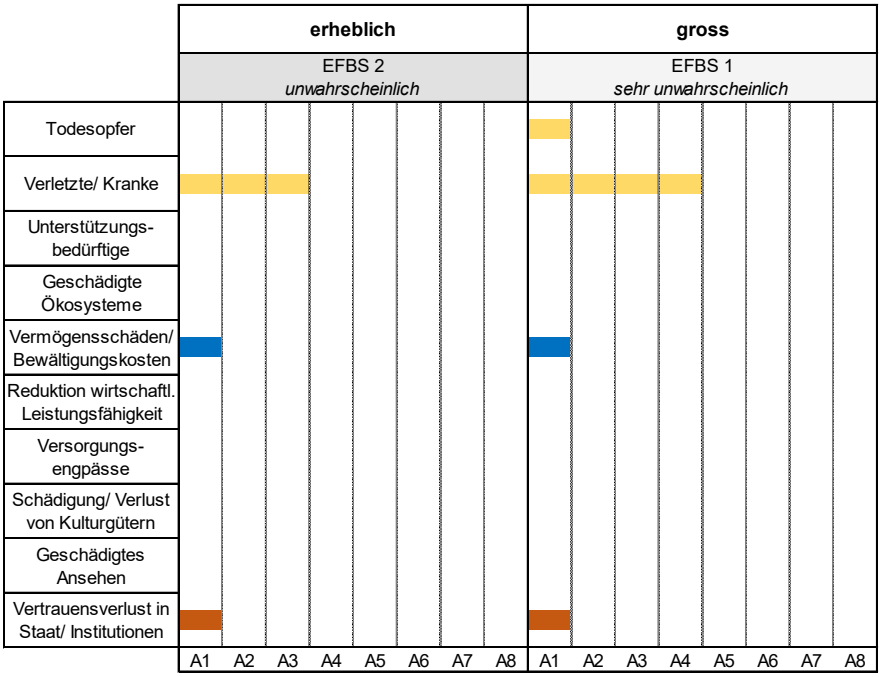


Abbildung 8 Bewertung der Gefährdung «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit klassischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten»

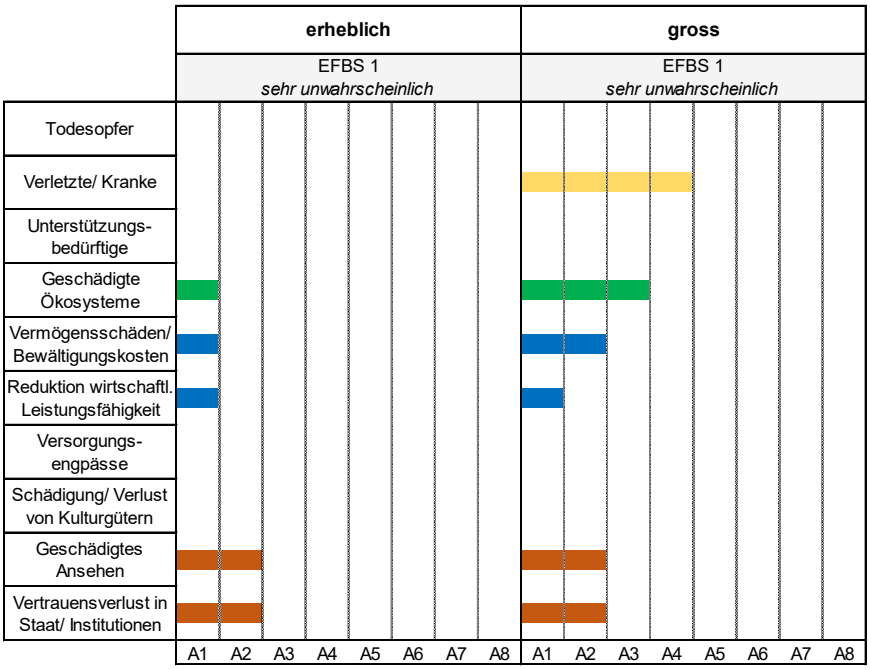


Abbildung 9 Bewertung der Gefährdung «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit gentechnologischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten»

4. Vergleich und Priorisierung

Die Risiken der sieben betrachteten biologischen Gefährdungen zeigt die Risikomatrix in Abbildung 10. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist auf der Y-Achse und das monetarisierte Schadensausmass ist auf der X-Achse dargestellt. Die Monetarisierung des Schadensaumasses fand gemäss der nationalen Risikoanalyse (KNS) statt. Sie ermöglicht es, das Schadensausmass der sehr unterschiedlichen Gefährdungen miteinander zu vergleichen.

Das Risiko, das Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass, steigt von unten links (tiefe Wahrscheinlichkeit und kleines Ausmass, grüner Bereich) nach oben rechts (hohe Wahrscheinlichkeit und grosses Ausmass, roter Bereich). Die drei Intensitäten der Szenarien sind mit den Kürzeln E für *erheblich*, G für *gross* und X für *extrem* gekennzeichnet.

4.1 Risikodarstellung unter Anwendung aller Indikatoren

Von der Gefährdung «Antibiotikaresistenzen» gehen die höchsten Risiken aus (Abbildung 10). Vor allem die Szenarien *erheblich* und *gross* haben deutlich höhere Risiken als alle anderen Gefährdungen. Dies liegt an den hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten in Kombination mit den hohen Personenschäden aufgrund der zahlreichen Todesopfer und Erkrankten sowie den hohen wirtschaftlichen Schäden. Entsprechend hoch ist die Gefährdung «Antibiotikaresistenzen» in Zukunft zu gewichten und auch anzugehen.

Das Szenario *erheblich* der Gefährdung «Tierseuche» hat ein vergleichsweises hohes Risiko, verursacht durch Schäden in allen Bereichen. Die Gefährdung ist jedoch nur eingeschränkt mit den anderen Gefährdungen vergleichbar, da nur das Szenario *erheblich* dargestellt ist und nicht alle drei Intensitätsstufen.

Alle drei Szenarien der Gefährdungen «Invasive Pflanzenpathogene», «Vektorübertragene Krankheiten» und «Lebensmittelassoziierte Infektionen» liegen im mittleren Bereich der Risikomatrix. Bei den Szenarien *erheblich* und *gross* der Gefährdung «Invasive Pflanzenpathogene» liegen mehrere Ausmassindikatoren in der tiefsten Klasse A1. Die Klasse umfasst einen Schaden von 0 bis 50 Mio. CHF, die Schäden der Gefährdung «Invasive Pflanzenpathogene» liegen jedoch häufig im unteren Bereich dieser Klasse. Somit werden die Gesamtschäden und damit die Risiken in der vorliegenden Arbeit tendenziell überschätzt. Dennoch sind auch diese drei Gefährdungen zukünftig zu berücksichtigen, Massnahmen sind festzulegen und neue Entwicklungen sind zu verfolgen.

Von der Gefährdung «Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen» gehen im Vergleich zu den anderen Gefährdungen tiefe Risiken aus. Eine Freisetzung von Mikroorganismen aus einem Labor der Sicherheitsstufe 2 (Szenario *erheblich*) führt zu einem tiefen Schadensausmass, während eine Freisetzung von Mikroorganismen aus einem Labor der Sicherheitsstufe 3 (Szenario *gross*) aufgrund der strengen Sicherheitsauflagen eine tiefe Eintrittswahrscheinlichkeit hat. Insofern die aktuell gültigen Sicherheitsauflagen in der Schweiz vollständig erfüllt sind, geht von dieser Gefährdung ein vergleichsweise geringes Risiko aus.

Die Gefährdung «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit klassischen oder gentechnologischen Zuchtmethoden entwickelten Pflanzensorten» hat Risiken am unteren Ende des mittleren Bereichs (klassische Zuchtmethoden), resp. im unteren Bereich der Risikomatrix (gentechnologische Zuchtmethoden). Die Gefährdung «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit gentechnologischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten» ist die einzige Gefährdung, bei der die Eintrittswahrscheinlichkeit beider Szenarien als *sehr unwahrscheinlich* eingestuft worden ist, da gentechnologische Pflanzenzuchtmethoden vor der Anwendung strengen Evaluationsvorgaben unterliegen. Insgesamt scheint die Wahrnehmung der Risiken

mittels gentechnologischer Zuchtmethoden entwickelter Pflanzensorten in der öffentlichen Debatte deutlich höher als die der biologisch quantifizierbaren Risiken.

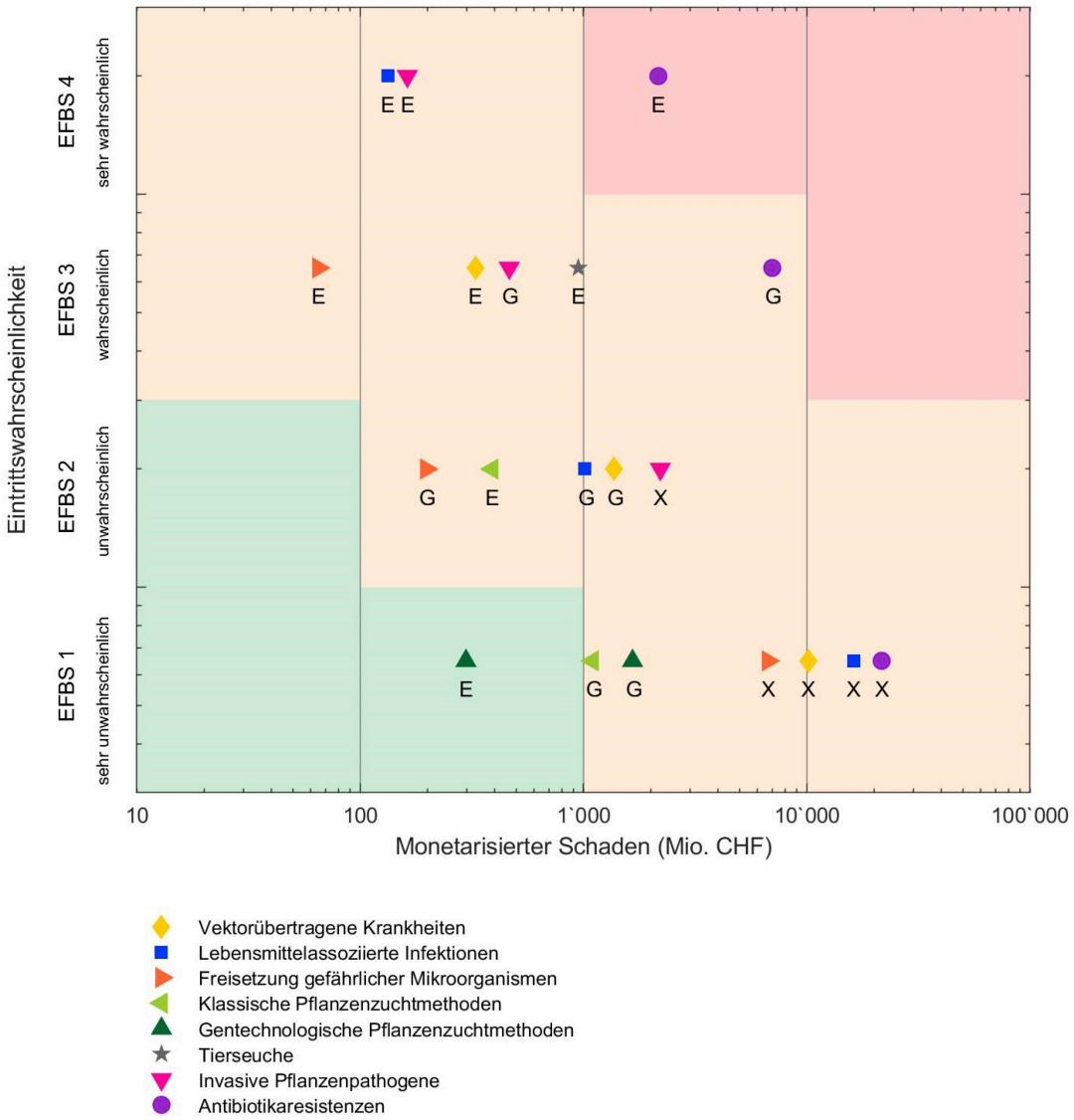


Abbildung 10 Risikomatrix: Berücksichtigung aller Indikatoren (E für *erheblich*, G für *gross* und X für *extrem).*

4.2 Risikodarstellung mit Fokus auf die Indikatoren «Personen» und «Umwelt»

Das Fachgebiet der EFBS ist die biologische Sicherheit (Schadensbereiche Personen und Umwelt). Um die biologischen Risiken der Gefährdungen darzustellen, zeigt Abbildung 11 die Risikomatrix, wenn nur die Indikatoren in den Schadensbereichen Personen und Umwelt berücksichtigt werden.

Insgesamt sind die Resultate ähnlich wie in der Risikomatrix in Abbildung 10. Die Gefährdung «Antibiotikaresistenzen» hat deutlich höhere Risiken als alle anderen Gefährdungen, wobei der Unterschied noch ausgeprägter ist als in Abbildung 10.

Die Risiken der Gefährdung «Invasive Pflanzenpathogene» sind deutlich tiefer als in Abbildung 10, da die hoch bewerteten Indikatoren Vermögensschäden/Bewältigungskosten, Verlust von Kulturgütern sowie Vertrauensverlust nicht berücksichtigt sind. Für den Gesamtschaden verantwortlich ist vor allem die Schädigung der Ökosysteme.

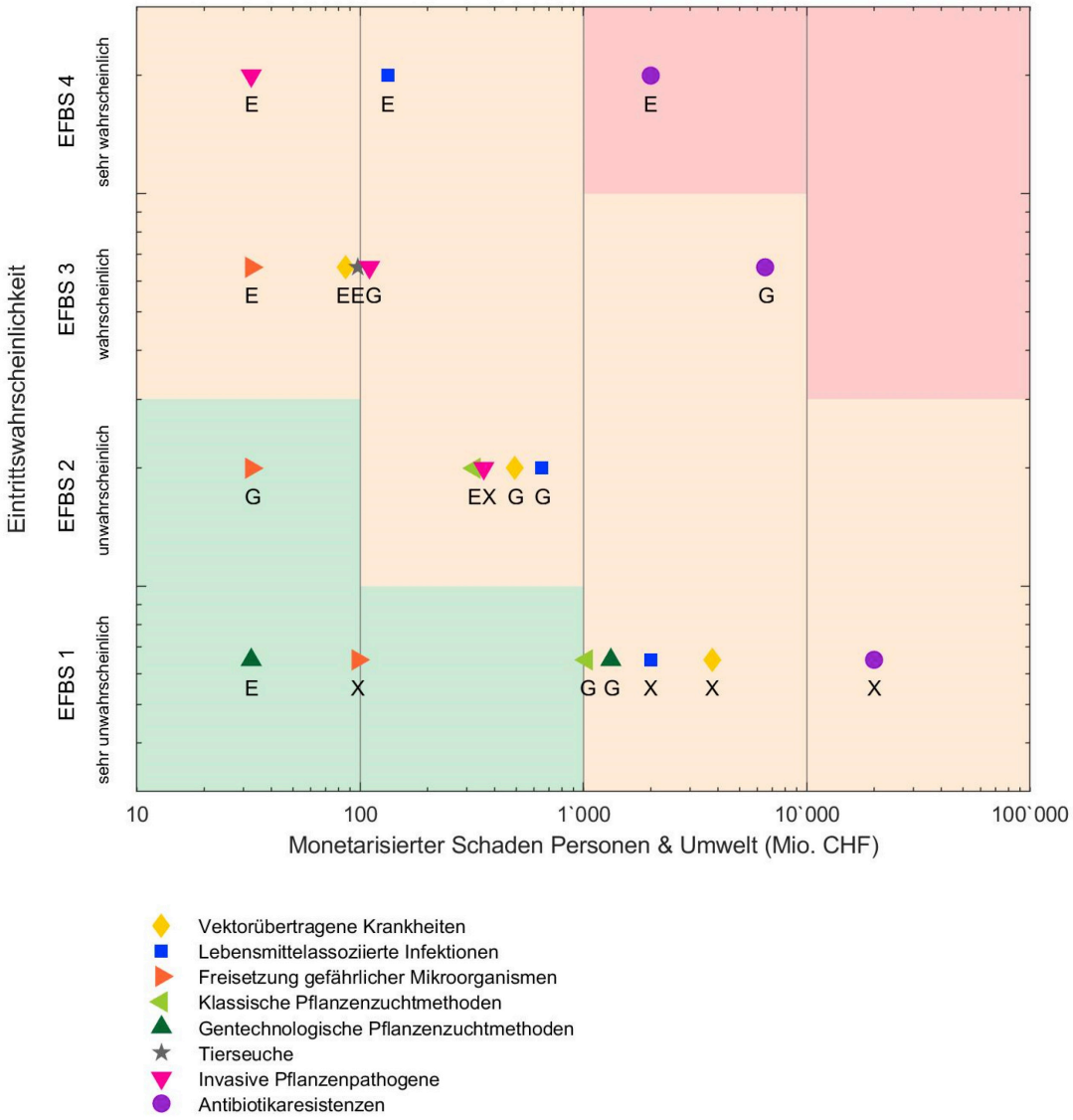


Abbildung 11 Risikomatrix: Indikatoren Personen und Umwelt. Die Szenarien *erheblich* der Gefährdungen «Vektorübertragene Krankheiten» und «Tierseuche» liegen an gleicher Stelle (E für *erheblich*, G für *gross* und X für *extrem).*

Auch das Risiko der «Tierseuche» liegt deutlich tiefer, da auch dort der Gesamtschaden vor allem durch die wirtschaftlichen Kosten, das geschädigte Ansehen der Schweiz und den Vertrauensverlust entsteht.

Die Risiken der Gefährdungen «Lebensmittelassoziierte Infektionen» sowie «Vektorübertragene Krankheiten» sind im Vergleich zu Abbildung 10 ebenfalls tiefer dargestellt.

Die tiefsten Risiken gehen auch hier wieder von den Gefährdungen «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit klassischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten», «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit gentechnologischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten» und «Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen» aus, verursacht durch die Schädigung der Ökosysteme sowie durch die Anzahl Erkrankter.

4.3 Weitere Risikodarstellungen

Werden die beiden Indikatoren des Schadensbereichs Wirtschaft gesondert dargestellt, gehen ebenfalls von den Gefährdungen «Antibiotikaresistenzen», «Tierseuche» und «Invasive Pflanzenpathogene» ähnliche Risiken aus, gefolgt von der Gefährdung «Vektorübertragene Krankheiten» (Anhang 2).

Werden die Indikatoren des Schadensbereichs Gesellschaft separat dargestellt, weisen die Szenarien *erheblich* und *gross* der «Antibiotikaresistenzen» nach wie vor hohe Risiken auf, sowie auch die Gefährdungen «Tierseuche» und «Invasive Pflanzenpathogene». Dagegen liegen alle Szenarien der Pflanzenzüchtungen im grünen Bereich (Anhang 2).

5. Fazit

Gefährdung mit den höchsten Risiken: Antibiotikaresistenzen
Die Gefährdung «Antibiotikaresistenzen» weist im Vergleich mit den anderen analysierten biologischen Gefährdungen die höchsten Risiken für die Schweiz auf. Diese entstehen durch die vergleichsweise hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten der drei Szenarien sowie durch die grossen Auswirkungen auf Personen, Wirtschaft und Gesellschaft.

Mehrere Gefährdungen mit mittleren Risiken
Die Gefährdungen «Pflanzenpathogene», «Lebensmittelassoziierte Infektionen», «Tierseuche» und «Vektorübertragene Krankheiten» weisen Risiken im mittleren Bereich auf.

Gefährdungen mit tiefen Risiken
Die Gefährdungen «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit klassischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten», «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit gentechnologischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten» und «Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen» haben im Vergleich zu den anderen Gefährdungen ein geringeres oder vernachlässigbares Risiko. Für die Gefährdung «Negative Auswirkungen neuer Eigenschaften in mit gentechnologischer Zuchtmethode entwickelten Pflanzensorten» ist das hier quantifizierte Risiko tiefer als die aus Sicht der EFBS in der Öffentlichkeit wahrgenommenen Risiken.

Ausgewogene Risikoabschätzung durch breit abgestützten Dialog
Mitglieder der EFBS erstellten pro Gefährdung ein Dossier und nahmen eine erste Risikoeinschätzung vor. Die EFBS diskutierte die ganz unterschiedlichen biologischen Gefährdungen und deren Risikoeinschätzungen im Rahmen von zwei Workshops in moderierter Form unter Beizug eines Experten der nationalen Risikoanalyse KNS. Dieses Vorgehen erlaubte es, die zum Teil unterschiedlichen Annahmen für die Einschätzungen von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass zu vereinheitlichen. Erstmals ist es damit möglich, die verschiedenen Gefährdungen direkt miteinander zu vergleichen und eine Priorisierung vorzunehmen. Durch die Diskussionen in der Fachkommission ist das Ergebnis breit abgestützt. Diese risikobasierte Übersicht kann als Grundlage für zukünftige Planungen dienen.

Aufnahme der Gefährdung «Antibiotikaresistenzen» in KNS?
Da von der Gefährdung «Antibiotikaresistenzen» ein sehr hohes Risiko für die Schweiz ausgeht, könnte sie in die nächste Aktualisierung der nationalen Risikoanalyse KNS aufgenommen werden. Es gilt aber zu berücksichtigen, dass die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen eine Entwicklung und nicht ein wiederkehrendes Ereignis ist, wie die in der KNS berücksichtigten Gefährdungen.

Anhang 1: Grundlagen zur Risikoanalyse

Die verschiedenen Indikatoren sind unten beschrieben, für die Ausmassklassen A1 bis A3 (Tabelle 3) und A4 bis A8 (Tabelle 4).

Tabelle 3 Ausmassklassen der Indikatoren gemäss KNS (Teil I); für mehr Informationen wird auf den KNS Methodenbericht verwiesen.

Schadensbereich	Indikator	Einheit	A1	A2	A3
Personen	Todesopfer	Anzahl	≤10	11 – 30	31 – 100
	Verletzte/Kranke	Anzahl	≤100	101 – 300	301 – 1'000
	Unterstützungsbedürftige	Personentage	≤200’000	200'001 – 600’000	600'001 – 2 Mio.
Umwelt	Geschädigte Fläche und Dauer	km^2 x Jahre	≤150	151 – 450	>450 – 1’500
Wirtschaft	Vermögensschäden und Bewältigungskosten	CHF	≤50 Mio.	51 – 150 Mio.	>150 – 500 Mio.
	Verringerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit	CHF	≤50 Mio.	51 – 150 Mio.	>150 – 500 Mio.
Gesellschaft	Versorgungsunterbrüche	Personentage	≤0.5 Mio.	>0.5 Mio. – 1.5 Mio.	>1.5 Mio – 5 Mio.
	Geschädigtes Ansehen	Intensität x Dauer	Wenige Tage, Themen mittlerer Bedeutung	Wenige Wochen, Themen mittlerer Bedeutung	Wenige Wochen, bedeutende Themen
	Vertrauensverlust in Staat/Institutionen	Intensität x Dauer	Wenige Tage, Themen mittlerer Bedeutung	Eine bis wenige Wochen, Themen mittlere Bedeutung	Eine bis wenige Wochen, bedeutende Themen
	Schädigung und Verlust von Kulturgütern	Anzahl x Bedeutungskategorie	Schädigung oder Verlust einzelner Kulturgüter von regionaler Bedeutung	Schädigung oder Verlust von Kulturgütern regionaler Bedeutung oder einzelner nationaler Bedeutung	Schädigung oder Verlust mehrere Kulturgüter regionaler oder einzelner nationaler Bedeutung

Tabelle 4 Ausmassklassen der Indikatoren gemäss KNS (Teil II).

Schadensbereich	Indikator	A4	A5	A6	A7	A8
Personen	Todesopfer	101 – 300	301 – 1'000	1'001 – 3'000	3'001 – 10'000	>10'000
	Verletzte/Kranke	1'001 – 3'000	3'001 – 10'000	10'001 – 30'000	30'001 – 100'000	>100'000
	Unterstützungsbedürftige	>2 Mio. – 6 Mio.	>6 Mio. – 20 Mio.	>20 Mio. – 60 Mio.	>60 Mio. – 200 Mio.	>200 Mio.
Umwelt	Geschädigte Fläche und Dauer	>1'500-4'500	>4'500-15'000	>15'000-45'000	>45'000-150'000	>150'000
Wirtschaft	Vermögensschäden und Bewältigungskosten	>500 Mio. – 1.5 Mrd.	>1.5 Mrd. – 5 Mrd.	>5 Mrd. – 15 Mrd.	>15 Mrd. – 50 Mrd.	>50 Mrd.
	Verringerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit	>500 Mio. – 1.5 Mrd.	>1.5 Mrd. – 5 Mrd.	>5 Mrd. – 15 Mrd.	>15 Mrd. – 50 Mrd.	>50 Mrd.
Gesellschaft	Versorgungsunterbrüche	>5 Mio. – 15 Mio.	>15 Mio. – 50 Mio.	>50 Mio. – 150 Mio.	>150 Mio. – 500 Mio.	>500 Mio.
	Geschädigtes Ansehen	Mehrere Wochen, bedeutende Themen, geringe Folgen für Stellung der Schweiz und internationale Kooperation	Mehrere Wochen, bedeutende Themen, Folgen für Stellung der Schweiz und internationale Kooperation	Mehrere Wochen, wesentliche Schädigung, Folgen für Stellung der Schweiz und internationale Kooperation	Einige Monate, wesentliche Schädigung, deutliche Folgen für Stellung der Schweiz und internationale Kooperation	Dauerhafter und schwerwiegender bis zu irreversiblem Verlust des Ansehens, weitreichende Folgen für Stellung der Schweiz und internationale Kooperation
	Vertrauensverlust in Staat/Institutionen	Wenige bis mehrere Wochen, bedeutende Themen	Mehrere Wochen, bedeutende Themen	Mehrere Wochen, wesentliche Schädigung	Bis einige Monate, wesentliche Schädigung	Dauerhafter, schwerwiegender bis irreversibler Verlust des allgemeinen Vertrauens
	Schädigung und Verlust von Kulturgütern	Schädigung oder Verlust mehrerer Kulturgüter von nationaler Bedeutung	Schädigung oder Verlust vieler Kulturgüter nationaler Bedeutung	Schädigung oder Verlust vieler Kulturgüter von nationaler Bedeutung und Kulturgüter unter «Verstärktem Schutz»	---	---

Die für die Monetarisierung verwendeten Grenzkosten sind in Tabelle 5 dargestellt. Im Unterschied zum Methodik-Bericht der KNS-Studie wurden die Grenzkosten der Indikatoren Todesopfer, Verletzte/Kranke, geschädigte Ökosysteme und Versorgungsengpässe angepasst, damit alle Indikatoren gleich gewichtet sind. Dies entspricht dem Vorgehen des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) im Bereich Schutz kritischer Infrastrukturen.[12]

Tabelle 5 Grenzkosten der Ausmassklassen

Schadensbereich	Indikator	Einheit	Grenzkosten (CHF/Messgrösse)
Personen	Todesopfer	Anzahl	5'000'000
	Verletzte/Kranke	Anzahl	500'000
	Unterstützungsbedürftige	Personentage	200
Umwelt	Geschädigte Fläche und Dauer	km^2 x Jahre	333'333
Wirtschaft	Vermögensschäden und Bewältigungskosten	CHF	1
	Verringerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit	CHF	1
Gesellschaft	Versorgungsunterbrüche	Personentage	100
	Einschränkungen von Ordnung und innerer Sicherheit	Personentage	500
	Geschädigtes Ansehen	Intensität x Dauer	Mittelwert der entsprechenden Klasse der anderen Indikatoren
	Vertrauensverlust in Staat/Institutionen	Intensität x Dauer	Mittelwert der entsprechenden Klasse der anderen Indikatoren
	Einschränkung der territorialen Integrität	Intensität	Mittelwert der entsprechenden Klasse der anderen Indikatoren
	Schädigung und Verlust von Kulturgütern	Anzahl x Bedeutungskategorie	Mittelwert der entsprechenden Klasse der anderen Indikatoren

12 Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS); Leitfaden Schutz kritischer Infrastrukturen; Umsetzungshilfe; Bern, Juli 2018

Anhang 2: Weitere Risikomatrizen

Die Abbildung 12 zeigt die Risiken der sieben Gefährdungen, wenn nur die Indikatoren des Schadensbereichs Wirtschaft dargestellt sind.

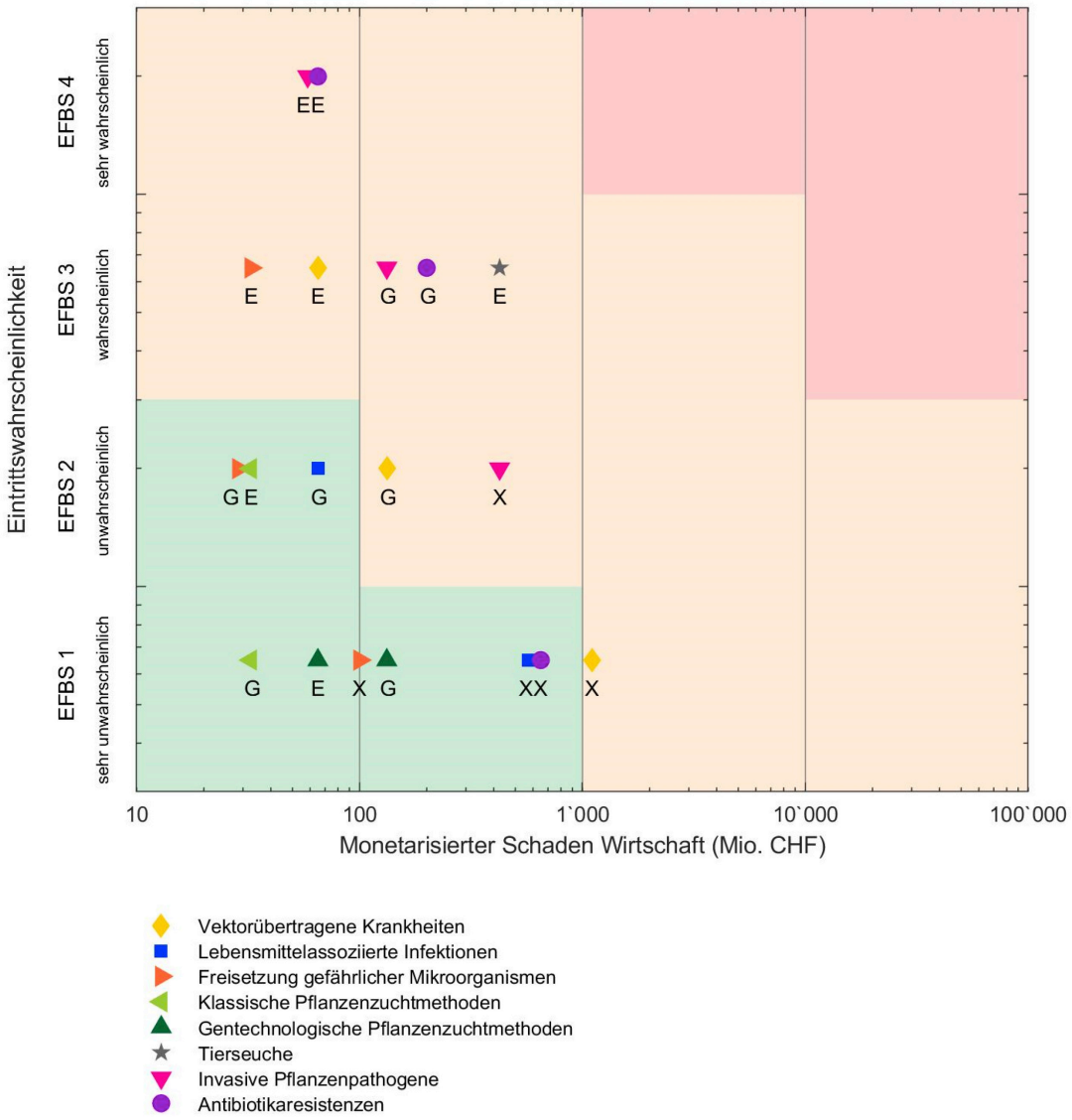


Abbildung 12 Risikomatrix: Indikatoren Wirtschaft. Das Szenario *erheblich* der Gefährdung «Lebensmittelassoziierten Infektionen» ist nicht sichtbar, da das Szenario zu keinem wirtschaftlichen Schaden führt (E für *erheblich*, G für *gross* und X für *extrem).*

Die Abbildung 13 zeigt die Risiken der sieben Gefährdungen, wenn nur die Indikatoren des Schadensbereichs Gesellschaft dargestellt sind.

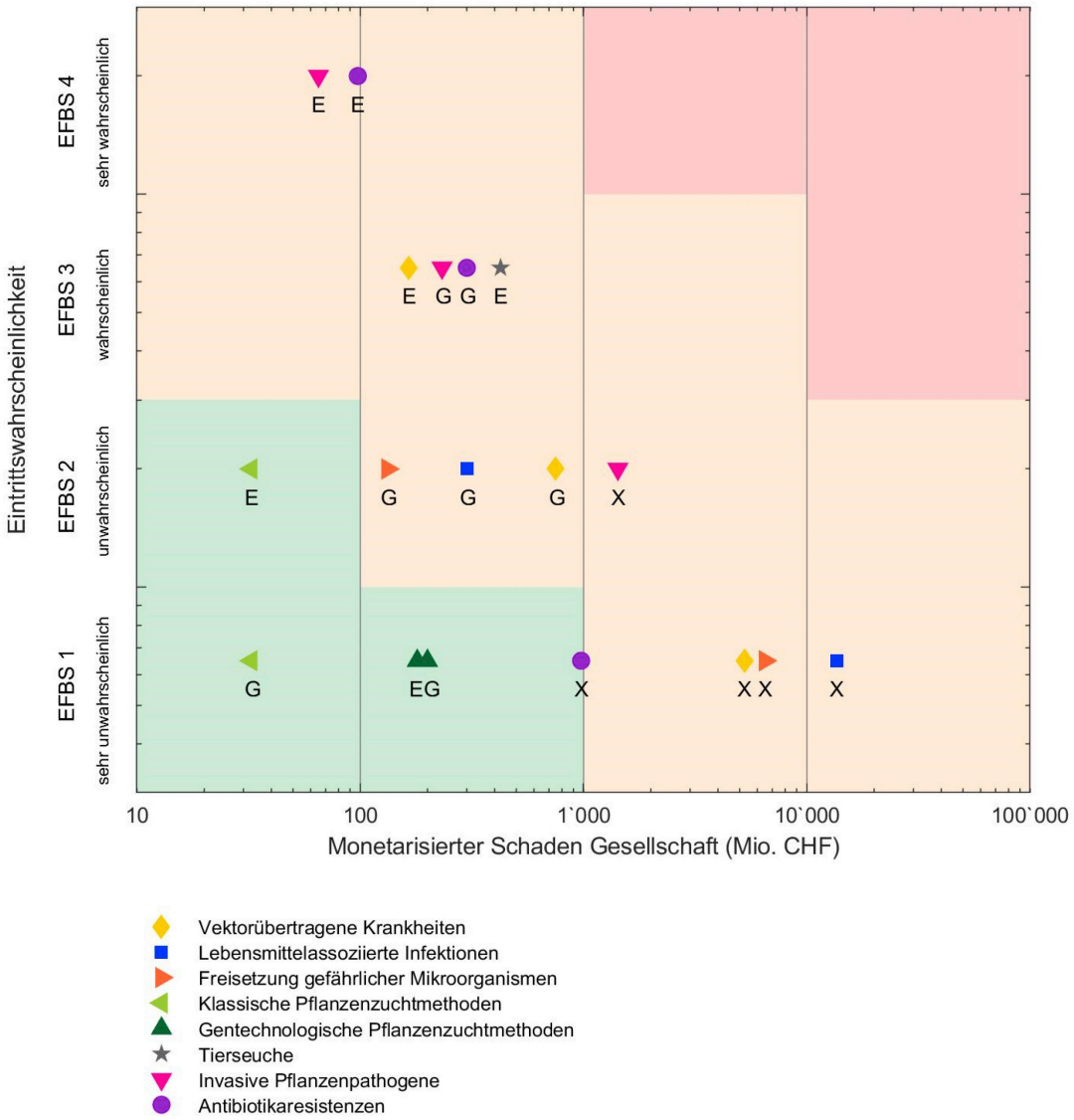


Abbildung 13 Risikomatrix: Indikatoren Gesellschaft. Die Szenarien *erheblich* der Gefährdungen «Lebensmittelassoziierten Infektionen» und «Freisetzung gefährlicher Mikroorganismen» sind nicht sichtbar, da diese Szenarien zu keinem gesellschaftlichen Schaden führen (E für *erheblich*, G für *gross* und X für *extrem).*