



CH-3003 Bern, BAFU, GUB

Einschreiben mit Rückschein

Prof. Dr. Beat Keller
Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie
Universität Zürich
Zollikerstrasse 107
8008 Zürich

Referenz/Aktenzeichen: S081-0592

Ihr Zeichen:

Unser Zeichen: GUB

Sachbearbeiter/in: GUB

Bern, 12. Juni 2019

Verfügung

vom 12. Juni 2019

betreffend das

Gesuch B18004 vom 18. Dezember 2018 um Bewilligung für die versuchsweise Freisetzung von gentechnisch veränderten Gerstenlinien in Zürich durch das Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie der Universität Zürich.

Inhalt

A.	SACHVERHALT	2
B.	ERWÄGUNGEN	3
1	Rechtliche Grundlagen	3
2	Beurteilung	6
2.1	Formelles	6
2.2	Materielles	6
C.	ENTSCHEID	23
3	LITERATURVERZEICHNIS	27

A. SACHVERHALT

1. Am 18. Dezember 2018 reichte die Gesuchstellerin ein Gesuch um Bewilligung für die versuchsweise Freisetzung von gentechnisch veränderten Gerstenlinien beim Bundesamt für Umwelt (BAFU) ein. Die Versuche sollen über einen Zeitraum von fünf Jahren, vom Herbst 2019 bis Herbst 2023, auf dem Gelände der Forschungsstation Agroscope am Standort Zürich, Reckenholz, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich (ZH), auf dem zu diesem Zweck reservierten und gesicherten Versuchsgelände stattfinden.
2. Gerste wird jährlich weltweit in Mengen von über einer Milliarde Tonnen produziert, hauptsächlich als Futtermittel und als Malzquelle für die Brauindustrie (Food and Agriculture Organisation of the United Nations 2019; Oerke und Dehne 2004). Mit einer jährlichen Produktion von bis zu 200'000 Tonnen ist Gerste in der Schweiz das zweitwichtigste angebaute Getreide nach Weizen (Bundesamt für Statistik 2018). Es wird geschätzt, dass phytopathogene Pilze im Gerstenanbau weltweit bis zu 15% Verluste verursachen könnten (Oerke und Dehne 2004). In der Weizenzüchtung wird das Gen *Lr34*, welches eine partielle Resistenz gegen mehrere Pilzkrankheiten verleiht, seit über 50 Jahren erfolgreich genutzt und ist weltweit in mehr als der Hälfte der landwirtschaftlich verwendeten Weizensorten vorhanden, ohne dass diese Resistenz von den pathogenen Pilzen durchbrochen wurde (Hoisington et al. 1999). *Lr34* kodiert für einen Transporter der weit verbreiteten Klasse der ABC-Transporter. Orthologe Resistenzgene, also Gene gemeinsamen Ursprungs, konnten in weiteren Getreiden wie Reis und Hirse, jedoch nicht in Mais oder Gerste nachgewiesen werden (Krattinger et al. 2009; Krattinger et al. 2011). Im Rahmen des vorliegenden Versuchs soll geprüft werden, ob Gerstenlinien, in die *Lr34* aus Weizen mittels gentechnischer Verfahren eingeführt wurde, auch unter Feldbedingungen gegen phytopathogene Pilze resistent sind. Zur Herstellung dieser Gerstenlinien wurde ein bei Pflanzen gängiger Transformationsprozess durch Agrobakterien angewendet, bei dem *Agrobacterium tumefaciens* Transfer-DNA in das nukleare Genom des Empfängerorganismus einfügt. Mit dieser Methode wurde ein Konstrukt eingeführt, das aus folgenden Elementen besteht: erstens dem *Lr34*-Gen aus Weizen jeweils unter Kontrolle seiner nativen Steuerungselemente respektive des pathogeninduzierbaren Promotors *HvGer4c* aus Gerste; zweitens dem Selektionsmarkergen *HPT* aus dem Bakterium *Escherichia coli* unter Kontrolle des Ubiquitin-Promotors aus Mais und des 35S-Terminators aus dem Blumenkohlmosaikvirus besteht. *HPT* verleiht Resistenz gegen die Antibiotika Hygromycin und möglicherweise gegen Destomycin (Petersen et al. 2005), welche in der Human- und Veterinärmedizin nicht verwendet werden, und dient zur Selektion von erfolgreich transformierten Pflanzen. Mittels PCR wurde nachgewiesen, dass die transgenen Linien *Lr34* und *HPT*, nicht jedoch den bakteriellen Selektionsmarker *aadA* des Plasmidrückgrats tragen.
3. Im beantragten Versuch sollen die derart hergestellten Gerstenlinien BG9 (native Steuerungselemente), GLP8 und GLP11 (pathogeninduzierbare Promotoren) sowie ihre jeweiligen Schwesterkontrolllinien (Nullsegreganten) freigesetzt werden, um zu untersuchen, ob die im Gewächshaus beobachtete partielle Resistenz gegen die phytopathogenen Pilze *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, Verursacher des Echten Mehltaus der Gerste, und *Puccinia hordei*, Erreger des Zwergrosts, auch unter Feldbedingungen wirkt. Zudem soll untersucht werden, ob die Transgene unter Feldbedingungen Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung oder Ertragskomponenten haben.
4. Das BAFU hat der Gesuchstellerin mit Schreiben vom 17. Januar 2019 die Vollständigkeit des eingereichten Gesuchs einschliesslich der nachgelieferten Überarbeitungen bestätigt. Am 29. Januar 2019 wurde der Eingang des Gesuchs in Form eines Kurzbeschriebs im Bundesblatt (BBl 2019 1162) publiziert. Zeitgleich wurde das Dossier im BAFU und in der Gemeindeverwaltung der Stadt Zürich (Grün Stadt Zürich) bis und mit 28. Februar 2019 für alle interessierten Personen zur Einsicht aufgelegt. Diejenigen, die im Verfahren Rechte als Partei wahrnehmen wollten, wurden aufgefordert, dies bis am 28. Februar 2019 dem BAFU schriftlich, mit Angaben zur Parteistellung, mitzuteilen und zu begründen.
5. Während der Auflagefrist wurden keine Einsprachen gegen den Freisetzungsversuch eingereicht. Die Schweizer Allianz Gentechfrei SAG/StopOGM, Greenpeace Schweiz, BioSuisse und biorespect haben mit Schreiben vom 27. Februar 2019, die Kleinbauernvereinigung mit Schreiben vom 28. Februar 2019 zum Bewilligungsgesuch Stellung genommen.
6. Am 29. Januar 2019 stellte das BAFU das Gesuch den Bundesämtern für Gesundheit (BAG), für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), für Landwirtschaft (BLW), der Eidgenössischen Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS), der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) sowie dem Umweltdienst des Kantons Zürich (Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft [AWEL], Fachstelle für Biologische Sicherheit) als Fachstellen schriftlich zu.
7. Am 8. Februar 2019 hat die Gesuchstellerin eine detaillierte Versuchsanordnung für die Versuchsperiode 2019, aus der insbesondere die Grösse der Versuchsflächen (Makroplots, Mikroplots)

hervorgeht, sowie einen Saatplan für die Protected Site eingereicht. Das BAFU hat den unter Ziffer 6 aufgeführten Fachstellen mit Schreiben vom 8. Februar 2019 die zusätzlichen Unterlagen zugestellt.

8. Das BLW hat mit Schreiben vom 12. März 2019, das AWEL mit Schreiben vom 14. März 2019, das BAG und die EKAH je mit Schreiben vom 19. März 2019, das BLV mit Schreiben vom 20. März 2019 und die EFBS mit Schreiben vom 20. März 2018 zum Gesuch Stellung genommen.

9. Mit Schreiben vom 10. April 2019 hat das BAFU der Gesuchstellerin eine Nachfrage bezüglich der Kopienzahl der Inserts in den transgenen Gerstenlinien gestellt, welche die Gesuchstellerin mit Schreiben vom selbigen Tag beantwortet hat. Das BAFU hat diese Informationen mit Schreiben vom 10. April 2019 den unter Ziffer 6 aufgeführten Fachstellen zugestellt. Die EKAH verzichtet mit Schreiben vom 14. April und das BLW mit telefonischer Nachricht vom 1. Mai 2019 auf eine Stellungnahme zum Nachtrag. Die EFBS und das BLV haben je mit Schreiben vom 16. April 2019, das BAG mit Schreiben vom 25. April 2019 und das AWEL mit Schreiben vom 29. April 2019 zum Nachtrag Stellung genommen.

B. ERWÄGUNGEN

1 Rechtliche Grundlagen

10. Nach Artikel 5 Absatz 2 des Bundesgesetzes über die Gentechnik im Ausserhumanbereich vom 21. März 2003 (Gentechnikgesetz, GTG; SR 814.91) sind gentechnisch veränderte Organismen, deren genetisches Material so verändert worden ist, wie dies unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt. Anhang 1 der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt vom 10. September 2008 (Freisetzungsverordnung, FrSV; SR 814.911) definiert die dabei angewandten gentechnischen Verfahren. Als gentechnische Verfahren gelten insbesondere Nukleinsäuren-Rekombinationstechniken, bei denen durch die Insertion von Nukleinsäuremolekülen in bakteriellen Plasmiden neue Kombinationen von genetischem Material gebildet und in einen Empfängerorganismus eingesetzt werden.

11. Nach Artikel 6 Absatz 1 GTG darf mit gentechnisch veränderten Organismen nur so umgegangen werden, dass sie, ihre Stoffwechselprodukte oder ihre Abfälle den Menschen, die Tiere oder die Umwelt nicht gefährden können (Art. 6 Abs. 1 Bst. a GTG), und die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung nicht beeinträchtigen (Art. 6 Abs. 1 Bst. b GTG). Nach Artikel 6 Absatz 2 GTG dürfen gentechnisch veränderte Organismen im Versuch freigesetzt werden, wenn die angestrebten Erkenntnisse nicht durch Versuche in geschlossenen Systemen gewonnen werden können, der Versuch auch einen Beitrag zur Erforschung der Biosicherheit von gentechnisch veränderten Organismen leistet, sie keine gentechnisch eingebrachten Resistenzgene gegen in der Human- und Veterinärmedizin eingesetzte Antibiotika enthalten, und nach dem Stand der Wissenschaft eine Verbreitung dieser Organismen und ihrer neuen Eigenschaften ausgeschlossen werden kann, sowie die Grundsätze von Artikel 6 Absatz 1 GTG nicht in anderer Weise verletzt werden können (Buchstaben a-d).

12. Wer gentechnisch veränderte Organismen, die nach Artikel 12 GTG nicht in Verkehr gebracht werden dürfen, im Versuch freisetzen will, benötigt dafür eine Bewilligung des Bundes (Art. 11 Abs. 1 GTG). Nach Artikel 11 Absatz 2 GTG bestimmt der Bundesrat die Anforderungen und das Verfahren. Diese sind in der Freisetzungsverordnung konkretisiert.

13. Nach Artikel 7 Absatz 1 FrSV muss der Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen in der Umwelt so erfolgen, dass dadurch weder Menschen, Tiere und Umwelt gefährdet noch die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt werden. Die Freisetzungsverordnung nennt nicht abschliessende Beispiele, wie der Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen zu erfolgen hat. Nämlich so, dass die Gesundheit von Menschen und Tieren nicht gefährdet werden kann, insbesondere nicht durch toxische oder allergene Stoffe oder durch die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen (a.), dass die gentechnisch veränderten Organismen sich in der Umwelt nicht unkontrolliert verbreiten und vermehren können (b.), dass keine unerwünschten Eigenschaften an andere Organismen dauerhaft weitergegeben werden können (c.), dass die Populationen geschützter Organismen, insbesondere solcher, die in den Roten Listen aufgeführt sind, oder für das betroffene Ökosystem wichtiger Organismen, insbesondere solcher, die für das Wachstum und die Vermehrung von Pflanzen wichtig sind, nicht beeinträchtigt werden (d.), dass keine Art von Nicht-Zielorganismen in ihrem Bestand gefährdet werden kann (e.), dass der Stoffhaushalt der Umwelt nicht schwerwiegend oder dauerhaft beeinträchtigt wird (f.), dass wichtige Funktionen des betroffenen Ökosystems, insbesondere die Fruchtbarkeit des Bodens, nicht schwerwiegend oder dauerhaft beeinträchtigt werden (g.) und dass bei Freisetzungsversuchen keine der neuen Eigenschaften, die auf die gentechnische Veränderung zurückgehen, an die Wildflora oder -fauna dauerhaft weitergegeben werden kann (h.). Darüber hinaus stellt Artikel 8 FrSV Anforderungen an den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen in besonders empfindlichen und schützenswerten Lebensräumen und Landschaften auf.

Artikel 9 FrSV enthält Bestimmungen zum Schutz der Produktion von Erzeugnissen ohne gentechnisch veränderte Organismen.

14. Nach Artikel 11 FrSV muss, wer bewilligungspflichtige gentechnisch veränderte Organismen im Versuch freisetzen will, hinreichende finanzielle Mittel zur Feststellung, Verhinderung oder Behebung von Gefährdungen und Beeinträchtigungen durch gentechnisch veränderte Organismen sicherstellen. Die Sicherstellung der gesetzlichen Haftpflicht beträgt 10 Millionen Franken zur Deckung von Personen- und Sachschäden (Art. 30 GTG) und eine Million Franken zur Deckung von Umweltschäden (Art. 31 GTG). Von der Sicherstellungspflicht befreit sind der Bund und seine öffentlich-rechtlichen Körperschaften und Anstalten, sowie die Kantone und ihre öffentlich-rechtlichen Körperschaften und Anstalten, sofern die Kantone für deren Verbindlichkeiten haften (Art. 11 Abs. 5 Bst. a und b FrSV).

15. Nach Artikel 17 Buchstabe a FrSV benötigt eine Bewilligung des BAFU, wer gentechnisch veränderte Organismen im Versuch freisetzen will. Eine Ausnahme von der Bewilligungspflicht gilt für den Fall, dass die gentechnisch veränderten Organismen bereits für eine bestimmte direkte Verwendung in der Umwelt nach Artikel 25 FrSV bewilligt sind und mit dem Freisetzungsversuch weitere Erkenntnisse für dieselbe Verwendung angestrebt werden (Art. 18 Abs. 1 FrSV).

16. Artikel 19 FrSV hält die Anforderungen an das Bewilligungsgesuch für einen Freisetzungsversuch mit gentechnisch veränderten Organismen fest. So muss das Gesuch alle erforderlichen Angaben enthalten, die belegen, dass durch den Freisetzungsversuch die Anforderungen nach den Artikeln 7–9 und 11 FrSV nicht verletzt werden können. Das Gesuch muss insbesondere folgende Unterlagen enthalten:

- eine Beschreibung des Versuchs mit mindestens folgenden Angaben: Angaben zum Ziel und zum Kontext des Versuchs, Begründung, warum die angestrebten Erkenntnisse nicht durch Versuche im geschlossenen System gewonnen werden können, Darstellung der zu erwartenden neuen wissenschaftlichen Ergebnisse über die Auswirkungen auf Menschen, Tiere, Umwelt, biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung sowie über die Wirksamkeit von Sicherheitsmassnahmen, die dank dem Versuch gewonnen werden können (a.);
- ein technisches Dossier mit den Angaben nach Anhang IIIA oder IIIB der Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates, jedoch ohne Ausführungen zu den Überwachungsplänen (b.);
- die Ergebnisse früherer Versuche, insbesondere Ergebnisse von Vorversuchen im geschlossenen System, die der Abklärung der biologischen Sicherheit dienen, Daten, Ergebnisse und Beurteilungen von Freisetzungsversuchen, die mit den gleichen Organismen oder deren Empfängerorganismen unter vergleichbaren klimatischen Bedingungen und bei vergleichbarer Fauna und Flora durchgeführt wurden (c.);
- die Risikoermittlung und -bewertung nach Anhang 4 FrSV (d.);
- einen Überwachungsplan, mit dem die Gesuchstellerin oder der Gesuchsteller überprüfen wird, ob die Annahmen der Risikoermittlung und -bewertung nach Anhang 4 FrSV zutreffen und ob die Massnahmen zur Einhaltung der Grundsätze nach den Artikeln 6 Absätze 1 und 2 sowie 7 GTG ausreichen, und der mindestens folgende Angaben umfasst: Art, Spezifität, Empfindlichkeit und Verlässlichkeit der Methoden, Dauer und Häufigkeit der Überwachung (e.);
- eine Interessenabwägung nach Artikel 8 GTG, die zeigt, dass durch die gentechnische Veränderung des Erbmaterials bei Tieren und Pflanzen die Würde der Kreatur nicht missachtet worden ist (f.);
- ein Informationskonzept, das darüber Auskunft gibt, wie, wann und wo die Öffentlichkeit über Gegenstand, Zeitpunkt und Ort des geplanten Freisetzungsversuchs informiert wird (g.);
- den Nachweis, dass die Sicherstellungspflichten erfüllt sind (h.).

17. Nach Artikel 19 Absatz 3 FrSV kann in der Dokumentation der Ergebnisse früherer Versuche nach Absatz 2 Buchstabe c Ziffer 2 auf Daten oder Ergebnisse einer anderen Gesuchstellerin oder eines anderen Gesuchstellers verwiesen werden, sofern diese oder dieser schriftlich zugestimmt hat. Ausserdem kann das BAFU auf einzelne Angaben des technischen Dossiers nach Absatz 2 Buchstabe b verzichten, wenn die Gesuchstellerin oder der Gesuchsteller nachweisen kann, dass diese Angaben zur Beurteilung des Gesuchs nicht erforderlich sind (Art. 19 Abs. 4 FrSV). Nach Artikel 19 Absatz 5 kann ein einziges Gesuch eingereicht werden, wenn ein Freisetzungsversuch zum gleichen Zweck und innerhalb eines begrenzten Zeitraums mit einem gentechnisch veränderten Organismus an verschiedenen Orten (a.) oder mit einer Kombination von Organismen am gleichen Ort oder an verschiedenen Orten (b.) durchgeführt wird.

18. Nach Artikel 22 FrSV kann für Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Organismen ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren beantragt werden, wenn bereits ein Freisetzungsversuch mit vergleichbaren möglichen Gefährdungen und Beeinträchtigungen in der Schweiz bewilligt wurde, insbesondere wenn die gleichen Organismen betroffen sind (a.), oder wenn die gentechnisch veränderten Organismen aus einer Kreuzung zweier bereits für das Inverkehrbringen zur direkten Verwendung in der Umwelt bewilligter Organismen hervorgegangen sind und gezeigt werden kann, dass die Summe der Eigenschaften der Kreuzung sich nicht von der Summe der Eigenschaften der bewilligten Organismen unterscheidet (b.). Für dieses vereinfachte Bewilligungsverfahren müssen mindestens die Unterlagen nach Artikel 19 Absatz 2 Buchstaben a, d, e und h FrSV eingereicht werden (Art. 22 Abs. 2 FrSV). Nach Art. 39 FrSV kann das BAFU im vereinfachten Bewilligungsverfahren auf die Einreichung der Unterlagen nach Artikel 19 Absatz 2 Buchstabe b, c, f und g verzichten und die Fristen zur Stellungnahme abkürzen.

19. Wird ein Bewilligungsgesuch für einen Freisetzungsversuch mit gentechnisch veränderten Organismen nach Artikel 17 FrSV eingereicht, so prüft das BAFU nach Artikel 36 FrSV, ob die eingereichten Unterlagen (Art. 19 FrSV) für die Beurteilung des Gesuchs vollständig sind. Sind die Unterlagen unvollständig, so weist es diese mit Angabe der noch fehlenden Informationen zur Ergänzung oder Überarbeitung an die Gesuchstellerin oder den Gesuchsteller zurück. Das BAFU publiziert den Eingang des Gesuchs im Bundesblatt, sobald das Gesuch vollständig ist, und sorgt dafür, dass die nicht vertraulichen Akten während 30 Tagen zur Einsicht am Sitz des BAFU sowie in der Gemeinde, in welcher der Freisetzungsversuch stattfinden soll, aufliegen (Art. 36 Abs. 2 FrSV). Wer nach den Vorschriften des Bundesgesetzes vom 20. Dezember 1968 über das Verwaltungsverfahren (VwVG; SR 172.021) Parteirechte beansprucht, muss während der Auflagefrist schriftlich, mit Angaben zur Parteistellung, Einsprache erheben (Art. 29^{bis} Abs. 2 USG; Art. 36 Abs. 3 FrSV). Nach Artikel 36 Absatz 4 FrSV kann während der dreissigtägigen Auflagefrist zudem jede weitere Person zu den Akten schriftlich Stellung nehmen. Ausserdem kann das BAFU an öffentlichen Orientierungsveranstaltungen teilnehmen und dabei über den Ablauf des Verfahrens orientieren (Art. 36 Abs. 5 FrSV).

20. Das BAFU prüft das Gesuch (Art. 37 FrSV). Gleichzeitig mit der Publikation des Gesuchseingangs im Bundesblatt (Art. 36 Abs. 2 FrSV) unterbreitet es das Gesuch den Fachstellen zur Beurteilung in ihrem Zuständigkeitsbereich und zur Stellungnahme innerhalb von 50 Tagen. Die Fachstellen sind das Bundesamt für Gesundheit (BAG), das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), die Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS) und die Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) und die vom betroffenen Kanton bezeichnete Fachstelle. Das BAFU stellt den Fachstellen allfällige Eingaben nach Artikel 36 Absätze 3 und 4 zu (Art. 37 Abs. 2 FrSV). Die Stellungnahmen der Fachstellen stellt das BAFU den Parteien zur Stellungnahme und den Fachstellen wechselseitig zur Kenntnis zu (Art. 37 Abs. 3 FrSV). Zeigt sich bei der Prüfung, dass die eingereichten Unterlagen zur Beurteilung des Gesuchs nicht ausreichen, so verlangt das BAFU unter Angabe einer Begründung von der Gesuchstellerin oder vom Gesuchsteller zusätzliche Unterlagen und holt dazu die Stellungnahmen der Parteien und der Fachstellen ein. In diesem Fall verlängert sich die Frist entsprechend (Art. 37 Abs. 4 FrSV). Das Staatssekretariat für Wirtschaft (seco) sowie die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) werden vom BAFU auf Anfrage über das Gesuch informiert (Art. 37 Abs. 5 FrSV).

21. Nach Artikel 38 FrSV bewilligt das BAFU den Freisetzungsversuch unter Berücksichtigung der eingegangenen Stellungnahmen der Parteien und der Fachstellen in der Regel innerhalb von drei Monaten nach der Publikation des Gesuchseingangs im Bundesblatt zuzüglich der Fristverlängerung, wenn die Beurteilung des Gesuchs, insbesondere der Risikobewertung nach Anhang 4, ergibt, dass:

- nach dem Stand von Wissenschaft und Erfahrung der Freisetzungsversuch Menschen, Tiere und Umwelt nicht gefährden kann und die biologische Vielfalt sowie deren nachhaltige Nutzung nicht beeinträchtigt (Art. 7 und 8 FrSV);
- die angestrebten Erkenntnisse nicht durch weitere Versuche im geschlossenen System gewonnen werden können;
- die Produktion von Erzeugnissen ohne gentechnisch veränderte Organismen sowie die Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten nicht beeinträchtigt werden (Art. 9 FrSV);
- die Beurteilung des Gesuchs, insbesondere aufgrund der Interessenabwägung nach Artikel 8 GTG, ergibt, dass die Würde der Kreatur bei den verwendeten Tieren oder Pflanzen durch die gentechnische Veränderung nicht missachtet worden ist;
- nachgewiesen wird, dass im Hinblick auf den direkten Umgang in der Umwelt der Freisetzungsversuch zur Erforschung der Biosicherheit gentechnisch veränderter Organismen beiträgt,

- der Freisetzungsversuch aufgrund der Beurteilung des Gesuchs, insbesondere aufgrund der Risikobewertung, nach den von BAG, BLV und BLW zu vollziehenden Gesetzen zulässig ist und diese Ämter der Durchführung des Freisetzungsversuchs zustimmen (Art. 38 Abs. 1 Bst. a-d FrSV).

Nach Artikel 38 Absatz 2 FrSV verknüpft das BAFU die Bewilligung mit den erforderlichen Bedingungen und Auflagen zum Schutz des Menschen, der Umwelt, der biologischen Vielfalt und deren nachhaltiger Nutzung. Es kann insbesondere verlangen, dass:

- das Versuchsgebiet gekennzeichnet, eingezäunt oder besonders abgesichert wird,
- anordnen, dass auf Kosten der Gesuchstellerin oder des Gesuchstellers zusätzlich zum Überwachungsplan (Art. 19 Abs. 2 Bst. e FrSV) das Versuchsgebiet und dessen Umgebung während und nach dem Versuch überwacht sowie Proben genommen und untersucht werden,
- anordnen, dass die Durchführung und Überwachung des Versuchs auf Kosten der Gesuchstellerin oder des Gesuchstellers von einer Begleitgruppe (Art. 41 Abs. 2 FrSV) kontrolliert wird,
- Zwischenberichte verlangen;
- verlangen, dass ihm die für die Kontrollen erforderlichen Proben, Nachweismittel und -methoden zur Verfügung gestellt werden (Art. 38 Abs. 2 Bst. a-e FrSV).

Das BAFU stellt den Entscheid den Parteien und den Fachstellen zu und macht diesen über automatisierte Informations- und Kommunikationsdienste öffentlich zugänglich (Art. 38 Abs. 3 FrSV).

22. Nach Artikel 41 FrSV überwacht das BAFU die Durchführung der Freisetzungsversuche und verfügt die erforderlichen Massnahmen. Es kann zu diesem Zweck eine Begleitgruppe einsetzen, in der insbesondere der Kanton, in dem der Freisetzungsversuch stattfindet, Einsitz nehmen kann. Die Begleitgruppe hat folgende Aufgaben (Art. 41 Abs. 2 FrSV): Sie kontrolliert durch Stichproben die Durchführung des Freisetzungsversuchs vor Ort und überprüft dabei insbesondere die Einhaltung der mit der Bewilligung verknüpften Bedingungen und Auflagen; sie hat dabei insbesondere unangemeldeten Zugang zum Ort des Freisetzungsversuchs, kann Proben nehmen und hat Einsicht in alle Unterlagen (a.); sie benachrichtigt das BAFU umgehend über Abweichungen von den mit der Bewilligung verknüpften Bedingungen und Auflagen oder über andere sicherheitsrelevante Beobachtungen und Feststellungen (b.); sie kann mit Zustimmung des BAFU die Öffentlichkeit über ihren Auftrag und das geplante Vorgehen orientieren (c.); sie führt Protokoll über ihre Tätigkeiten sowie über ihre Beobachtungen und Feststellungen (d.) und sie erstellt nach Abschluss des Versuchs einen Bericht über das Ergebnis der Überwachung und übermittelt diesen dem BAFU (e.). Das BAFU informiert die Fachstellen und die Gesuchstellerin oder den Gesuchsteller über das Ergebnis der Überwachung (Art. 41 Abs. 3 FrSV).

2 Beurteilung

2.1 Formelles

2.1.1 Zuständigkeit

23. Nach Artikel 11 Absatz 1 GTG benötigt, wer gentechnisch veränderte Organismen im Versuch freisetzen will, eine Bewilligung des Bundes. Zuständiges Bundesamt für die Erteilung von Bewilligungen für Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Organismen ist nach Artikel 17 und 37 FrSV das BAFU. Die versuchsweise freizusetzenden Gerstenlinien sind gentechnisch veränderte Organismen nach Artikel 5 Absatz 2 GTG, weshalb das BAFU die zuständige Behörde ist.

2.1.2 Einsprachen

24. Innerhalb der dreissigtägigen Frist sind keine Einsprachen eingegangen.

2.2 Materielles

2.2.1 Stellungnahmen der Fachstellen

2.2.1.1 Kommissionen und kantonale Fachstelle

Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS)

25. In ihrer Stellungnahme hält die EFBS fest, die verwendete Gerstensorte Golden Promise sei eine äusserst kleistogam blühende Art, was sich auch in einer Selbstbestäubungsrate von 99% äussere.

Eine Fremdbefruchtung sei daher sehr selten. Dennoch lasse sich nicht ausschliessen, dass sich die Blüten der gentechnisch veränderten Gerstenlinien aufgrund pleiotroper Effekte öffnen könnten, was einen Einfluss auf potentielle Auskreuzungen haben könne. Die EFBS halte es deshalb für interessant und sehr wichtig, die Kleistogamie der gentechnisch veränderten Gerstenlinien zu beobachten.

26. In der Schweiz gebe es zwei wilde *Hordeum*-Arten, *H. murinum* (Mäusegerste) und *H. jubatum* (Mähngerste). Die Gesuchsteller würden schreiben, auf der Webseite von Infoflora seien keine dieser Arten in der Region des Versuchsorts aufgelistet. Ein EFBS-Mitglied habe präzisiert, dass Mäusegerste eine sehr weit verbreitete Art sei und aus einer fehlenden Meldung bei Infoflora nicht geschlossen werden könne, dass sie im Raum Zürich nicht vorkomme. Mähngerste komme dagegen nur sporadisch in der Schweiz vor. Kulturgerste könne aber auf beide Arten kaum spontan auskreuzen und die Erzeugung interspezifischer Hybride benötige erhebliches menschliches Einwirken. Genfluss und Auskreuzungen auf Wildarten seien aus Sicht der EFBS beim vorliegenden Gesuch daher nicht relevant.

27. Die EFBS kommt zum Schluss, dass der geplante Freisetzungsversuch ein äusserst geringes Risiko für Mensch, Tier und Umwelt darstelle. Es werde eine Mantelsaat angelegt, ein Isolationsabstand von 25 m zu konventionellen Gerstenfeldern eingehalten und die Verbreitung der Samen durch Vögel nach der Aussaat und vor der Ernte werde durch ein Vogelnetz oder -vlies verhindert. Ausserdem finde der Versuch auf der Protected Site statt und sei somit vor Vandalismus und unberechtigtem Zugang Dritter geschützt. Die EFBS stimme der Versuchsdurchführung zu. Zu den segregierenden Inserts in den pathogeninduzierbaren Linien hält die EFBS zudem fest, sie sei weiterhin mit dem Gesuch einverstanden, da diese Inserts kein biosicherheitsrelevantes Problem darstellten.

Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH)

28. Die EKAH erinnert in ihrer Stellungnahme daran, dass sie in früheren Berichten dargelegt habe, weshalb sie eine Risikobeurteilung, die nur auf der «substantiellen Äquivalenz» basiere, nicht als vertretbar erachte. Dieser Ansatz ziehe sich durch beide Gesuche [B18003 und B18004, Anm. d. BAFU] durch. Die Idee der substantiellen Äquivalenz verkenne gemäss diesen Berichten, dass es sich bei der modifizierten Pflanze insgesamt um eine neue Pflanze handle und nicht allein um die Summe der Ausgangssorte und der Modifikationen. Die Feststellung einer solchen «Äquivalenz» könne deshalb auch gemäss der Mehrheit der Kommissionsmitglieder nur als ein Element der Risikobeurteilung dienen. Für eine Minderheit hingegen reiche der von den Gesuchstellern gewählte Ansatz für eine angemessene Risikobeurteilung im vorliegenden Fall aus.

29. Zum Isolationsabstand hält die EKAH des Weiteren fest, auch bei Gerste seien Verbreitungsmöglichkeiten und damit Auskreuzungsprobleme via Pollen gemäss Gesuchstellern nicht ausgeschlossen. Wie die Gesuchsteller schreiben würden, werde in den OECD-Ländern und in der EU ein Isolationsabstand zwischen 20 und 50 m empfohlen. Es sei für die Mehrheit der EKAH aufgrund der Unterlagen nicht nachvollziehbar, weshalb die Gesuchsteller den Abstand mit 25 m an der unteren Grenze dieser Empfehlung ausrichten würden statt an der oberen. Zudem sei für alle Mitglieder nicht nachvollziehbar, weshalb für die Durchwuchs- und Auswilderungskontrolle nur innerhalb eines Umkreises von 12 m um die Versuchsfläche herum und nicht innerhalb des Isolationsabstandes nach vorhandenen GV-Pflanzen gesucht werden solle.

Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)

30. Das AWEL hält in seiner Stellungnahme fest, es erachte die von der Gesuchstellerin geplanten Massnahmen zur Information der breiten Öffentlichkeit als ausreichend. Es begrüsse das Bestreben der Gesuchstellerin, direkt betroffene Kreise vor dem Start des Bewilligungsverfahrens gesondert über den geplanten Versuch zu informieren. Da nicht zu erwarten sei, dass der Versuch einen Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft in der Schweiz leiste, solle die Gesuchstellerin in ihrer Kommunikation konsequent darauf achten, ihr Vorhaben als Grundlagenforschung darzustellen.

31. Das AWEL weist darauf hin, dass der zum Schutz vor Sabotageakten errichtete Doppelzaun von 2.2 m beziehungsweise 2 m Höhe, der notwendig sei, um einer Verschleppung von gentechnisch veränderten Versuchspflanzen durch Passanten, pflanzenfressende Säugetiere oder allfälligen Saboteuren vorzubeugen, befristet bewilligt worden sei und ohne Verlängerung der Bewilligung bis zum 31. Dezember 2022, also vor Ende der beantragten Dauer des Freisetzungsversuchs, von der Bauherrschaft zu beseitigen sei.

32. Die drei zur Freisetzung beantragten Gerstenlinien besäßen das *HPT*-Gen aus *E. coli*, das Resistenz gegen das Antibiotikum Hygromycin verleihe. Zudem seien sie mit einem Vektor transformiert worden, der in seinem Rückgrat das Antibiotikaresistenz-Gen *aadA* besitze. Da Hygromycin in der Schweiz weder in der Human- noch in der Veterinärmedizin eingesetzt werde und das *aadA*-Gen laut

Angaben der Gesuchstellerin in den drei Gerstenlinien nicht mehr vorhanden sei, gehe das AWEL davon aus, dass die beantragte Freisetzung nicht unter das Verbot gemäss Art. 7 Abs. 2 Bst. b FrSV falle.

33. Als Beitrag zur Erforschung der Biosicherheit (Art. 6 Abs. 2 Bst. b GTG) wolle die Gesuchstellerin untersuchen, wie das *Lr34*-Gen auf die Mykorrhizapilze der Gerste wirke. Dieses Vorhaben sei aus Sicht des AWEL grundsätzlich begrüssenswert. Es möchte jedoch darauf hinweisen, dass die Angaben im Gesuch offen liessen, ob das *Lr34*-Gen in den Wurzeln der Versuchspflanzen tatsächlich exprimiert werde. Da diese Expression eine Voraussetzung für das Gelingen des Vorhabens und somit auch für das Erfüllen von Art. 6 Abs. 2 Bst. b GTG sei, geht das AWEL davon aus, dass das BAFU den Sachverhalt mit der Gesuchstellerin klären und gegebenenfalls einen alternativen Beitrag zur Erforschung der Biosicherheit verlangen werde.

34. Um zu vermeiden, dass die gentechnisch veränderte Gerste mit Gerste benachbarter Felder auskreuzt, wolle die Gesuchstellerin eine Mantelsaat anbringen und einen Isolationsabstand von 25 m einhalten. Da Auskreuzungen möglichst vollständig zu verhindern seien, erachte das AWEL den vorgeschlagenen Isolationsabstand als zu kurz. Ein grösserer Abstand sei insbesondere deshalb angebracht, weil anhand der Angaben im Gesuch nicht auszuschliessen sei, dass in der Nachbarschaft des Versuchsfeldes Gebrauchssaatgut von Hybridgerste produziert werde. Der Eidgenössische Dienst für Saat- und Pflanzgut (SSP) schreibe in seiner Richtlinie für Feldbesichtigungen der Saatgut Zertifizierung vor, dass bei der Produktion von Gebrauchssaatgut von Hybridgerste ein minimaler Isolationsabstand von 50 m einzuhalten sei.

35. Um zu verhindern, dass Vögel Samen der gentechnisch veränderten Gerste verschleppen, wolle die Gesuchstellerin die Versuchsparzellen mit Vliesen oder Vogelnetzen abdecken. Diese Massnahme sei grundsätzlich sinnvoll. Da das AWEL beim Freisetzungsversuch B13001 beobachtet habe, wie Tauben durch das ausgebrachte Vogelnetz pickten, möchte es hier daran erinnern, dass Vogelnetze oder Vliese das Verschleppen der Samen durch Vögel möglichst vollständig verhindern solle.

36. Um die Biosicherheit zu gewährleisten, sei durch das BAFU die Freisetzung der gentechnisch veränderten Gerstenlinien von einer Begleitgruppe nach Art. 41 Abs. 2 FrSV überwachen zu lassen.

37. Zur Gewährleistung der Zugänglichkeit von Informationen seien die Methoden und Pläne für Notfallmassnahmen gemäss Art. 54 Abs. 4 Bst. f FrSV in geeigneter Form zu veröffentlichen.

38. Das AWEL weist auf folgende ortsspezifische Besonderheiten hin:

- Das Freisetzungsgelände liege in einem Gebiet, das ins Inventar des kommunalen Natur- und Landschaftsschutzes der Stadt Zürich aufgenommen worden sei. Die Freisetzung gentechnisch veränderter Gerste tangiere die Schutzziele für dieses Objekt, namentlich den offenen Tal- und Wiesencharakter der Landschaft, die Revitalisierung des Katzenbachs, ökologische Strukturen zu fördern und Überbauungen zu verhindern, aus seiner Sicht nicht. Zudem könne eine Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen aus rein ideellen oder ästhetischen Gründen weder aufgrund des GTG noch gestützt auf Art. 120 der Bundesverfassung untersagt werden.
- Mehr als zwei Drittel des Freisetzungsgeländes lägen in einer Freihaltezone. Somit sei für den nach ständiger Praxis vom BAFU verlangten Maschendrahtzaun von 1.5 m Höhe eine Ausnahmegewilligung nach kantonalem Raumplanungsgesetz erforderlich.
- Das Freisetzungsgelände grenze an eine in der Naturgefahrenkarte des Kantons Zürich aufgeführte Zone mittlerer Hochwassergefährdung. Der geplante Standort sei damit zwar exponiert, mit einer Überschwemmung der Freisetzungsfläche sei aber nicht zu rechnen.
- Das Freisetzungsgelände grenze bis auf wenige Meter an Wald und in 100 m Entfernung an ein Oberflächengewässer (Katzenbach), welche beide zu den besonders empfindlichen und schützenswerten Lebensräumen gehörten. Laut Bundesrat könne es geboten sein, unbeabsichtigte Einträge gentechnisch veränderter Pflanzen in diese besonders empfindlichen und schützenswerten Lebensräume zu verhindern. Nach Prüfung der von der Gesuchstellerin geplanten Massnahmen sei nicht damit zu rechnen, dass vermehrungsfähiges Material des gentechnisch veränderter Gerste aus der Freisetzungsfläche in den angrenzenden Wald oder Katzenbach gelangen würden.
- Die dem Freisetzungsgelände am nächsten gelegenen Wohngebiete seien rund 200 m entfernt, das AWEL halte diese Entfernung jedoch für vertretbar, da es nicht davon ausgehe, dass die Anwohnerinnen und Anwohner durch die Freisetzung der gentechnisch veränderten Gerste beeinträchtigt würden.
- Das Freisetzungsgelände befinde sich in einer archäologischen Schutzzone. Diesen Sachverhalt erachtet das AWEL als nicht relevant für die Durchführung des Versuchs.

- Im Umkreis von zwei Kilometern um das Freisetzungsgelände befänden sich 25 Bienenstände, die dem kantonalen Veterinäramt gemeldet seien. Es sei nicht auszuschliessen, dass es noch weitere, nicht gemeldete Stände gebe. Das Vorkommen dieser Bienenstände stehe aus Sicht des AWEL dem geplanten Freisetzungsversuch nicht entgegen, da Gerste für Honigbienen keine Trachtpflanze sei und in Imkerei-Produkten in der Regel keine Gerstenpollen gefunden würden.
39. Zusammenfassend hält das AWEL fest, dass der vorgesehene Standort aus seiner Sicht dann für die Freisetzung der gentechnisch veränderten Gerstenlinien in Frage komme, wenn Auskreuzungen dieser Linien bestmöglich vermieden würden.
40. Der Kanton Zürich beantragt, den Freisetzungsversuch B18004 der Universität Zürich unter nachstehenden Auflagen zu bewilligen:
- Die Gesuchstellerin habe dem BAFU präzise Angaben zur Versuchsanordnung und zur Lage der Freisetzungsfläche zu machen und während der Versuchsjahre die genaue Versuchsanordnung jeweils bis drei Monate vor Versuchsbeginn mitzuteilen.
 - Die Durchführung des Versuchs sei im Sinne von Art. 38 Abs. 2 Bst. c und Art. 41 Abs. 2 FrSV durch eine Begleitgruppe von Fachpersonen zu überwachen, in der der Standortkanton (Sektion Biosicherheit des AWEL) und die Standortgemeinde (Grün Stadt Zürich) vertreten seien.
 - Die Gesuchstellerin habe die Begleitgruppe während der gesamten Dauer des Versuches auf dem Laufenden zu halten und dafür zu sorgen, dass ein Logbuch geführt werde, welches vor Ort jederzeit von der Begleitgruppe eingesehen werden könne.
 - Die Gesuchstellerin habe sicherzustellen, dass ein Isolationsabstand von 100 m zu Feldern mit Gerste eingehalten werde.
 - Die Gesuchstellerin melde Änderungen des bestehenden Notfallkonzepts unverzüglich dem AWEL.
 - Die Gesuchstellerin stelle sicher, dass die Abdeckung der Versuchsfläche unmittelbar nach der Aussaat das Picken und Verschleppen von gentechnisch veränderten Gerstenkörnern durch Vögel möglichst vollständig verhindere.
41. Schliesslich sei die Bewilligung an die Bedingung zu knüpfen, dass sie so lange Gültigkeit habe, als ein geeigneter Schutzzaun rund um die Freisetzungsflächen bestehe. Zudem hält das AWEL fest, es nehme den Nachtrag bezüglich der segregierenden Kopien zur Kenntnis und habe keine Bemerkungen dazu.

2.2.1.2 Stellungnahmen der Bundesämter

Bundesamt für Gesundheit (BAG)

42. Das BAG hält in seiner Stellungnahme fest, das Zielgen *Lr34* stamme ursprünglich aus Weizen und komme in vielen genutzten Weizen-Zuchtsorten vor. Ein Vergleich der Proteinsequenz habe keine Ähnlichkeiten mit bekannten Allergenen ergeben. Die Ausführungen der Gesuchstellerin zur Annahme, dass das *Lr34*-Gen mit hoher Wahrscheinlichkeit keine toxischen oder schädlichen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit habe, seien nachvollziehbar. Die transgenen Gerstenlinien enthielten ebenfalls das *HPT*-Gen, welches eine Resistenz gegen das Antibiotikum Hygromycin B vermittele. Dieses werde in der Humanmedizin nicht verwendet. Da Gerste im Wesentlichen ein Selbstbestäuber sei, sei die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung grundsätzlich als gering anzusehen. Die von den Gesuchstellern vorgesehene Distanz der Versuchspartzen von mindestens 25 m zu landwirtschaftlichen Anbauflächen und die Einrichtung einer 2.6 m breiten Mantelsaat aus Sommergerste erachtet das BAG als geeignet, um die Auskreuzung des in den Versuchen freigesetzten Materials weitestgehend zu vermeiden.

43. Unter Berücksichtigung der eingereichten Unterlagen und der obigen Erwägungen komme das BAG zum Schluss, dass der vorgesehene Freisetzungsversuch keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit darstelle, daher könne es der Durchführung des Versuchs zustimmen. Des Weiteren hält das BAG fest, durch das Vorhandensein segregierender Kopien des eingeführten Inserts werde der Phänotyp nicht verändert und der Gesuchsteller gehe davon aus, dass es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um inaktive Gene handle. Die Ausführungen des Gesuchstellers seien nachvollziehbar und das BAG stimme dem Versuch demzufolge nach wie vor zu.

Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)

44. Das BLW hält in seiner Stellungnahme fest, Mais und Gerste seien Schlüsselarten des Schweizer Agrarsystems. Freisetzungsversuche mit gentechnisch verändertem Weizen mit Mehltreueresistenz fänden auf der Protected Site bereits statt. Das vorliegende Gesuch sei im Kontext der bisherigen Gesuche B13001 und B18001 zu sehen, weshalb ein Grossteil der Anmerkungen in den Stellungnahmen des BLW weiterhin gültig und zusammen mit den folgenden zusätzlichen Punkten auf den vorliegenden Versuch anwendbar seien.

45. Das BLW merkt an, das Dossier sei gut zusammengestellt und berücksichtige die Aspekte der molekularen Beschreibung des Events, die Problematiken im Zusammenhang mit einer allfälligen Freisetzung und die Möglichkeit der gleichzeitigen Datenerhebung für die Biosicherheits- und Koexistenz-Protokolle. Ziel der Versuche sei die Untersuchung des Mechanismus der durch *Lr34* vermittelten Resistenz, da sowohl das Erscheinen pleiotroper Effekte bei Überexpression als auch die erstaunliche Dauerhaftigkeit der Resistenz zu klären blieben.

46. Das BLW schätzt die Sicherheitsmassnahmen als genügend und vergleichbar mit denjenigen ein, die am selben Standort für die laufenden Freisetzungsversuche mit Weizen ergriffen werden. Die Zusammenarbeit mit Bodenbiologie- und Mykorrhiza-Spezialisten von Agroscope sei originell und könne potentiell äusserst wichtige Daten für die Risikoanalyse liefern. Dennoch habe das BLW einige weitere Fragen.

- Zwar seien dem BLW die technischen Schwierigkeiten, die mit der Transformation und Regeneration von Mais und Gerste einhergehen, bewusst, dennoch bedaure es, dass die verwendeten Sorten (Hi-II für Mais und Golden Promise für Gerste) nicht in der Schweizer Landwirtschaft verwendbar seien. Der Versuch verliere so deutlich an Wert und die Extrapolation der Resultate werde gewagt sein.
- Das BLW merkt an, das Vorhandensein eines Hygromycin-Resistenz-Gens in den verwendeten Konstrukten könne heutzutage mit technischen Mitteln vermieden werden, wie das beispielsweise beim Versuch mit Apfelpflanzen auf der Protected Site der Fall sei. Obwohl diese Konstrukte legal verwendet werden können, sei doch fraglich, ob sie den Anforderungen an die Nachhaltigkeit und Risikominimierung in diesem Kontext genügen.
- In der Datenbank Infoflora sei das Vorkommen von *Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare* aus dem Gene Pool 1 von Gerste in der Nähe von Reckenholz dokumentiert worden. Genauere Angaben zu diesem Vorkommen seien wünschenswert, obwohl das BLW eine äusserst geringe Auskreuzungswahrscheinlichkeit erwartet.
- Sollten diese Versuche bewilligt werden, hätte es das BLW für besonders interessant gehalten, die Originalität der Versuche auszunutzen, um Verfahren zur Analyse der Toxizität von Produkten dieser transgenen Pflanzen bei Tieren einzurichten, da das Endziel dieser Versuche zweifelsohne im Verzehr durch Menschen oder Tiere bestehe.

47. Das BLW bestätigt mit seiner Stellungnahme, dass der Feldversuch B18004 ein eingeschränktes Risiko für die Umwelt und die Landwirtschaft darstelle, solange die hier erwähnten Sicherheitsmassnahmen für Gerste angewandt würden.

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)

48. Das BLV hält in seiner Stellungnahme fest, die gentechnisch veränderten Linien von Gerste, die im Versuch freigesetzt werden sollen, seien bezüglich einer Verwendung als Lebensmittel weder bewilligt noch toleriert. Ein Dossier zur Lebensmittelsicherheit dieser Linien liege nicht vor, weshalb eine abschliessende Bewertung der Lebensmittelsicherheit nicht vorgenommen werden könne. Die beschriebenen Eigenschaften der in den gentechnisch veränderten Linien neu gebildeten Proteine wiesen aber nicht darauf hin, dass die Gesundheit des Menschen durch einen Verzehr von Samen dieser Linien bzw. daraus gewonnenen Erzeugnissen gefährdet werden könne.

49. Die Einrichtung und der Betrieb der Protected Site würden nach Ansicht des BLV wirksam verhindern, dass Drittpersonen Material, namentlich Samen, zum Zweck des Verzehrs an sich nehmen können. Ebenso werde verhindert, dass grössere Tiere an die Pflanzen gelangen können.

50. Eine Bestäubung von Blüten in benachbarten Gerstenfeldern mit Pollen der gentechnisch veränderten Linien mit nachfolgender Bildung transgener Samen sei zu vermeiden. Gerste sei ein strenger Selbstbestäuber, Fremdbestäubung sei aber nicht ausgeschlossen.

51. Nach der Richtlinie für Feldbesichtigungen in der Saatgutertifizierung (Agroscope 2018) sollten Vermehrungen von Basissaatgut von 2- und 6-zeiligen Gerstensorten zur Verhinderung einer Fremdbefruchtung mit einem Isolationsabstand von mindestens 50 m separiert werden. Eine Isolationsdistanz von 50 m zwischen der Versuchsfläche und benachbarten Gerstenfeldern, deren Erntegut zur Verwendung als Lebensmittel bestimmt ist, könne auch als geeignete Massnahme zur Vermeidung des Auftretens gentechnisch veränderter Samen in Lebensmitteln beurteilt werden.

52. Die Prüfung des Gesuchs durch das BLV habe keinen Hinweis auf eine Gefährdung der Gesundheit des Menschen über die Lebensmittelkette durch die Freisetzung der gentechnisch veränderten Linien von Gerste gemäss Beschreibung durch den Gesuchsteller ergeben. Ebenso bestehe kein Hinweis auf eine Gefährdung der tierischen Gesundheit. Die gentechnisch veränderten Linien seien als Lebensmittel aber nicht verkehrsfähig. Das BLV habe keine Einwände gegen die Durchführung des Versuchs, schlage aber die Einhaltung eines minimalen Abstandes von 50 m zu benachbarten Gerstenfeldern, deren Erntegut zur Verwendung als Lebensmittel bestimmt ist, vor. Es hält zudem fest, seine Stellungnahme bleibe auch unter Berücksichtigung der segregierenden Inserts in den pathogeninduzierbaren Linien unverändert.

2.2.2 Stellungnahmen von Verbänden und Organisationen

53. Die Schweizer Allianz Gentechfrei SAG/StopOGM, Greenpeace Schweiz, BioSuisse, biorespect und die Kleinbauernvereinigung weisen in ihrer Stellungnahme darauf hin, die ausgewählte Modellsorte sei für die Schweiz irrelevant. Bei Golden Promise handle es sich um eine Braugerste, diese spielten jedoch in der Schweiz eine untergeordnete Rolle, weil Gerste hauptsächlich für die Futtermittelproduktion angebaut werde. Eine Anwendung in der Schweiz in den nächsten fünf Jahren sei nicht zu erwarten, hingegen existierten bereits Sorten aus der konventionellen Züchtung und/oder der Bio-Züchtung, die für die im Gesuch aufgelisteten Krankheiten wenig anfällig seien.

54. Trotz der Zielsetzung als Forschungsprojekte und nicht als Produktentwicklung gebe es im Gesuch Aussagen, die sich auf eine mögliche Anwendung beziehen. Zwar gebe die Gesuchstellerin an, lediglich Grundlagenforschung zu betreiben, jedoch sei sie zusammen mit CSIRO Australien Patentbesitzer auf das Gen *Lr34* in Bezug aus Weizen, woraus sich erschliessen lasse, dass nach Beendigung der Freisetzungsversuche weitere Patentbeantragungen folgen könnten. Trotz der hohen Betriebs- und Entwicklungskosten sei nicht davon auszugehen, dass die geplanten Versuche für die Schweizer Gerstenproduktion einen potentiellen Beitrag leisten würden, dies auch aufgrund der fehlenden Akzeptanz für transgene Sorten in der Schweiz. Die Organisationen erachten die Versuche als nicht zielführend und halten es für unbegründet, die Kosten aus staatlichen Mitteln zu decken.

55. Die Organisationen weisen des Weiteren auf verschiedene Aspekte der Koexistenz zwischen gentechnisch veränderten und nicht gentechnisch veränderten Kulturen hin.

56. Nach Ansicht der Organisationen sei es fraglich, ob der Echte Mehltau der Gerste in der Schweiz tatsächlich relevant sei, da er nur dann ein Problem darstelle, wenn die Stickstoff-Versorgung zu hoch sei. Im Bio-Landbau, wo sie moderat bis niedrig sei, verursache diese Pilzkrankheit selten Probleme. Mit der Senkung der Stickstoffgabe auch im konventionellen Anbau könne das Problem leicht umgangen werden. Dies sei einfach zu realisieren, denn es gebe bereits Sorten sowohl aus der konventionellen als auch aus der Bio-Züchtung, die auch mit weniger Stickstoff gute Erträge bringen würden. Die Organisationen halten ein Experiment mit einem Transgen als Schutz vor dieser Krankheit für teuer und unbegründet. Diese Krankheit stelle keine akute Gefahr dar bzw. lasse sich diese durch bereits vorhandene, resistente, nicht gentechnisch veränderte Sorten und Anpassungen der Anbaubedingungen verhindern. Aus diesem Grund erachten die Organisationen eine partielle Resistenz gegen diese Krankheit mit geringer Bedeutung als irrelevant für die Schweizer Landwirtschaft.

57. Des Weiteren würden die von der Gesuchstellerin geplanten Untersuchungen keine neuen Erkenntnisse über die Wirksamkeit von Sicherheitsmassnahmen liefern. Bestimmte Aussagen der Gesuchstellerin liessen zwar das Gegenteil erahnen, aber die Gesuche zielten nicht darauf ab, die Aspekte zu den Auswirkungen auf Menschen, Tiere, Umwelt, biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung sowie die Wirksamkeit von Sicherheitsmassnahmen zu untersuchen. Die Aussage, durch die Versuchstätigkeit werde zum Beispiel die Machbarkeit der Koexistenz von transgener und nicht transgener Gerste mit verschiedenen Interessengruppen diskutiert und Massnahmen gemeinsam erarbeitet, sei unzutreffend und irreführend, denn die beantragten Freisetzungsversuche seien nicht daraufhin angelegt worden, die Wirksamkeit von verschiedenen Isolationsabständen zu testen und zu vergleichen. Somit könne auf dieser Basis weder repräsentative Aussagen gemacht noch dürften darauf resultierende Massnahmen erarbeitet werden. Die Wirksamkeit der Sicherheitsmassnahmen werde entgegen den Andeutungen im Gesuch nicht behandelt.

58. Die Untersuchung der Auswirkungen und Nebeneffekte von transgenen Organismen sei ein wichtiger Aspekt der Biosicherheit. Die Ermittlung der Effekte von transgenen Pflanzen auf Nicht-Zielorganismen wäre ein begrüssenswerter Beitrag zu den Biosicherheitsaspekten, im jetzigen Zustand des Gesuchs scheine die Relevanz der geplanten Untersuchungen jedoch zweifelhaft, da nicht vollständig geklärt sei, ob das *Lr34*-Gen tatsächlich in den Wurzeln exprimiert werde.

59. Bei Gerste sei die Expression von *Lr34* in den Wurzeln nur teilweise getestet worden. Experimente mit dem nativen Promotor und HA-getagtem *Lr34* hätten gezeigt, dass das *Lr34*-Protein nicht in den Wurzeln exprimiert werde. Bei den transgenen Linien, in denen das *Lr34*-Gen unter dem

pathogeninduzierbaren Promotor Ger4c exprimiert werde, sei eine Expression nicht ganz auszuschliessen, da der Promotor unter anderem hauptsächlich in den Wurzeln stattfinde. Falls keine Expression in den Wurzeln stattfinde, würden die Resultate der geplanten Experimente nach Ansicht der Organisationen über wenig Aussagekraft verfügen, da sie mit grosser Wahrscheinlichkeit lediglich die Hypothese, dass das Gen in den Wurzeln nicht exprimiert werde und deshalb keine Auswirkungen auf die Mykorrhiza-Pilze habe, bestätigen. Eine Untersuchung der möglichen Effekte auf die Mykorrhiza-Pilze mache deshalb nur dann Sinn, wenn die Expression des Gens in den Wurzeln im Voraus bestätigt werde. Ein weiterer Mangel der geplanten Untersuchung sei, dass nur vage Angaben zur anzuwendenden Methode gemacht werde. Der Effekt des Gens auf die Mykorrhiza-Pilze solle mittels Färbung untersucht werden. Wegen der fehlenden methodischen Details sei es nicht klar, ob die geplante Methode lediglich über den Kolonisierungsgrad oder auch über die metabolische Aktivität der Pilze informiere (wie z.B. Vitalfärbungen zur Messung der Succinat-Dehydrogenase-Aktivität). Wenn das Ziel der Vergleich des Expressionsmusters unter Labor- und Feldbedingungen sein solle, stelle sich auch die Frage, warum keine mit HA-Epitopen versehenen Pflanzen im Feldversuch eingesetzt würden. Damit wäre es möglich zu überprüfen, ob das Gen auch unter Feldbedingungen exprimiert werde oder nicht. Statt der oder zusätzlich zu den Mykorrhiza-Untersuchungen wäre nach Ansicht der Organisationen die Ermittlung der möglichen Effekte auf herbivore Insekten ein informativerer Beitrag zu den Biosicherheitsaspekten, da diese in direkten Kontakt mit Pflanzenteilen kämen, in denen die Expression des Transgens bewiesen sei.

60. Nach Ansicht der Organisationen sollten vor der Durchführung des Freisetzungsvorgangs auch die Wechselwirkungen zwischen den *Lr34*-Linien und den Pilzpathogenen sowie die Expression des Gens im Pollen und Fragen zur Wahrscheinlichkeit des horizontalen Gentransfers abgeklärt werden. Die Wahl der Mykorrhiza-Pilze als Nicht-Zielorganismen sei möglicherweise ungeeignet zur Abschätzung der Auswirkungen des Transgens auf Nicht-Zielorganismen, weil nicht geklärt sei, ob das *Lr34*-Gen in den Wurzeln tatsächlich exprimiert werde. Die Organisationen fordern das BAFU daher auf sicherzustellen, dass der Freisetzungsvorgang einen wesentlichen Beitrag zur Erforschung der Biosicherheit leistet oder die Gesuchsteller, falls kein Nachweis der Expression des *Lr34*-Gens in den Wurzeln der Gerste erbracht würde, einen alternativen Vorschlag für die Biosicherheitsforschung unterbreiten. In ihrer jetzigen Form genügen die vorliegenden Freisetzungsgesuche den gesetzlichen Anforderungen nicht. Auch bemängeln die Organisationen, dass es kein Protokoll zur Durchführung der geplanten Experimente gebe, was an der wissenschaftlichen Seriosität der geplanten Untersuchung Zweifel aufwerfe – Angaben zur Methodik und ein experimentelles Design seien ein Must.

61. Die Organisationen halten fest, das EFSA GMO Panel betrachte den Einsatz von Hygromycin-Resistenz als risikolos und Hygromycin sei in der Schweiz gegenwärtig nicht zugelassen. Über Hygromycin-Resistenzraten sei im Allgemeinen wenig bekannt (Wögerbauer 2007). Nachdem Selektionsmarkergene ihre Aufgabe, nämlich das Kennzeichnen von transgenen Zellen, erfüllt haben, seien sie in der gentechnisch veränderten Pflanze funktionslos, weshalb es am sichersten wäre, das Hygromycin-Resistenzgen nach erfolgter Selektion transgener Pflanzen wieder aus deren Genom zu entfernen.

62. Anders als das Hygromycin-Resistenzgen falle das Streptomycin-Resistenzgen unter das Verbot gemäss Art. 6 Abs. 2 Bst. c des GTG, nach der keine GVO mit eingebrachten Resistenzen gegen Antibiotika, die in der Human- und Veterinärmedizin eingesetzt werden, freigesetzt werden dürfen. Streptomycin werde heute nur noch in reduziertem Umfang in der Humanmedizin eingesetzt. Andere Antibiotika der gleichen Gruppe (Aminoglykoside) würden aber als Reserve für die Behandlung schwerer Infektionen beim Menschen verwendet. Die Resistenzentwicklung gegen Streptomycin oder eine Kreuzresistenz gegen andere Aminoglykoside stellten deshalb eine reelle Gefahr dar. Aus diesem Grund sei es besonders wichtig, die Anwesenheit des Streptomycin-Resistenzgens mit grosser Sicherheit auszuschliessen. Im Gesuch sei die Abwesenheit des *aadA*-Gens in den transgenen Linien bzw. in den Schwesterlinien mittels PCR-Analyse nachgewiesen worden. In seinem Leitfaden für die Beantragung und Durchführung der Freisetzung gentechnisch veränderter höherer Pflanzen stuft das Deutsche Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit eine Southern Blot-Analyse jedoch als zuverlässiger ein.

63. Nach Ansicht der Organisationen sollte für den Nachweis der Abwesenheit des Streptomycin-Resistenzgens die sicherste Nachweismethode (Southern Blot) verwendet werden. Zudem raten sie dazu, generell keine Antibiotika-Resistenzgene in den Versuchen zu verwenden. Trotz der etwas aufwändigeren Anwendung könne auch mit sicheren Alternativen zu Antibiotika-Selektionsmarkergenen, die auch an der Universität Zürich verwendet werden, gute Resultate erzielt werden.

64. Die Organisationen merken an, es werde im Gesuch durchgehend davon ausgegangen, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit verschiedenster Szenarien gering sei. Da es sich um gentechnisch

veränderte Pflanzen mit unvorhersehbaren Auswirkungen auf andere Organismen handle, müssten die Gesuchsteller dafür sorgen, dass auch der kleinste Risikofaktor ausgeschlossen werde.

65. Die Behauptung, dass *Lr34* keine wesentlichen Funktionen der beiden Modellpflanzen beeinträchtigt und deswegen auch keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erwarten seien, könne zum jetzigen Zeitpunkt nicht belegt werden. Aus dem Fakt, dass eine Pflanze kaum phänotypische Auffälligkeiten zeige, lasse sich nicht schliessen, dass sie nicht negativ auf andere Organismen wirke. Auch werde an mehreren Stellen im Gesuch gezeigt, dass die Expression von *Lr34* wesentliche Funktionen der Blattzellen verändere (Blattspitzen-Nekrose) und die resistenten Gerstenpflanzen eine Veränderung in ihrer Genexpression und im Pflanzenmetabolismus aufwiesen.

66. Im Allgemeinen basiere das Gesuch auf der Vermutung, dass die Wahrscheinlichkeit der Auskreuzung gering sei. Gering heisse aber nicht unmöglich, denn es gebe zahlreiche Studien, die bewiesen, dass ein nicht vernachlässigbarer Teil der Pollen sehr weit fliegen könne. Im Falle eines Freisetzungsvorversuches mit transgenen Pflanzen solle man sich auf Worst-Case-Szenarien konzentrieren, die darauf abzielten, diese zu verhindern. Deshalb genüge es nicht, Isolationsabstände, wie sie z.B. in der konventionellen Saatgutherstellung vorgeschlagen werden, zu verwenden. Die Organisationen finden die vorgeschlagenen Isolationsmassnahmen bei der Gerste ungenügend.

67. Die Organisationen gehen davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung bei der kleistogamen Gerste wohl geringer sei als beim Mais, jedoch nicht null, wie dies die Gesuchsteller selber beschrieben. Die Autoren würden sich bei der Ausrechnung der Isolationsabstände auf Kontaminationsgrenzwerte von 0.9% beziehen, die jedoch für zugelassene GVO gälten. Im geplanten Versuch handle es sich aber um ein nicht zugelassenes GVO, für das die Nulltoleranz gelte, weshalb diese Grenzwerte unangebracht seien. Ob Saatgutproduktion in der Nähe der Versuchsfelder stattfindet, werde bei der Gerste nicht erwähnt. Bei eindeutigen Selbstbefruchtern empfehle die Richtlinie für Feldbesichtigungen in der Saatgutzertifizierung von Agroscope einen Isolationsabstand von mindestens 50 m für die Vermehrung von Basissaatgut (Agroscope 2018). Laut der EU-Freisetzungsdatenbank seien in der EU bislang 9 Freisetzungsvorversuche mit gentechnisch veränderter Gerste durchgeführt worden, wobei der Isolationsabstand in allen Versuchen mindestens 100 m, in einem Versuch sogar 500 m betrug. Auch in Australien sei der Isolationsabstand mit 190 m grösser. Die Organisationen erachten die Isolationsabstände auch bei der Gerste als ungenügend und schlagen eine Distanz von mindestens 200 m vor.

2.2.3 Beurteilung durch das BAFU

In seiner Beurteilung hat das BAFU die Stellungnahmen der Fachstellen sowie der Verbände und Organisationen berücksichtigt.

Grundsätzliches

68. Das BAFU erteilt Bewilligungen für Freisetzungsvorversuche, wenn sie den Anforderungen nach Artikel 38 FrSV genügen (Ziffer 21). Bei weiterführende Aspekten wie beispielsweise dem Nutzen der Vorversuche für die Schweizer Landwirtschaft oder der Finanzierung der Vorversuche handelt es sich um Fragen, die beispielsweise die Landwirtschafts- und Züchtungsstrategie betreffen respektive die Wirtschafts- und Forschungsfreiheit tangieren und die nicht durch das BAFU im Rahmen des vorliegenden Verfahrens zu beurteilen sind.

69. Hauptziel der geplanten Freisetzung ist es zu untersuchen, ob die im Labor und unter feldähnlichen Bedingungen beobachtete Resistenz gegen Zwergrost und Echten Mehltau in den gentechnisch veränderten Gerstenlinien auch unter Feldbedingungen erreicht wird und ob allfällige negative Effekte auf die Pflanzenentwicklung und Ertragskomponenten zu beobachten sind. Das BAFU erachtet die Anforderung von Artikel 6 Absatz 2 Buchstabe a GTG und Artikel 19 Absatz 2 Buchstabe a 2 FrSV, wonach angestrebte Erkenntnisse eines Freisetzungsvorversuches nicht durch Vorversuche im geschlossenen System gewonnen werden können, als erfüllt.

70. Seit 1991 wurden in der EU insgesamt 14 Freisetzungsvorversuche mit gentechnisch veränderter Gerste durchgeführt, wobei in den meisten Vorversuchen Golden Promise als Ausgangssorte und in mehreren Vorversuchen eine Hygromycin-Resistenz als Selektionsmarker verwendet wurden (European Commission 2019, Gesuch Teil C.2.1). Der Abschlussbericht eines von 2015 bis 2017 in der Tschechischen Republik abgeschlossenen Vorversuchs mit *HPT*-Gerste hält fest, dass keinerlei Beobachtungen gemacht worden seien, die auf eine Bedenklichkeit der Freisetzung für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt schliessen lassen (B/CZ/14/01). In einem Vorversuch in Deutschland wurden zudem die möglichen Auswirkungen von Gerste, die aufgrund einer Chitinase-Insertion resistent gegen Pilzkrankheiten ist, auf Wurzel-assoziierte Pilz-Symbionten (Mykorrhiza) von Gerste untersucht. Dabei wurde beobachtet, dass sich die Auswirkungen auf Mykorrhiza zwischen verschiedenen Gerstensorten stärker unterschieden als zwischen transgenen und nicht-transgenen Pflanzen (Kogel et

al. 2010). Gemäss dem Abschlussbericht dieses Freisetzungsversuchs seien keine Hinweise auf eine gestörte Wechselwirkung zwischen transgenen Pflanzen und Mykorrhiza festgestellt worden und keine weiteren Beobachtungen gemacht worden, die auf eine Bedenklichkeit der Freisetzung für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt schliessen liessen (B/DE/05/168).

71. Im Rahmen des vorliegenden Gesuchs werden zwei wesentliche Aspekte zur biologischen Sicherheit untersucht:

- Die potentiellen Auswirkungen der gentechnischen Veränderung auf Nicht-Zielorganismen. Um zu untersuchen, ob die Insertion von *Lr34* nicht nur auf schädliche Pilze, sondern allenfalls auch auf Mykorrhiza Auswirkungen hat, plant die Gesuchstellerin in Zusammenarbeit mit einem Experten der Mykorrhiza-Forschung Analysen der Mykorrhizapopulationen von transgenen Pflanzen und ihren Schwesterlinien. Der pathogeninduzierbare Promotor *HvGer4* aus Gerste wird unter anderem in Wurzeln keimender Gerstenpflanzen exprimiert (Zimmermann et al. 2006), wohingegen es Hinweise darauf gibt, dass der native *Lr34*-Promotor in Gerste nur zur Expression in überirdischen Pflanzenteilen führt (Gesuch B18004, Teil B4.3b). Von keiner der drei freizusetzenden Linien ist bekannt, ob *Lr34* tatsächlich auch in den Wurzeln vorkommt. Ungeachtet dessen erachtet das BAFU eine Untersuchung der Mykorrhizapopulationen als sinnvoll, da *Lr34* ein ABA-Transporter ist und sich lokale ABA-Konzentrationen im Spross erwiesenermassen auf die Wurzeln auswirken können und umgekehrt (Li et al. 2018).
- Das Auftreten unerwarteter und unerwünschter Veränderungen in der Pflanze aufgrund der gentechnischen Veränderung, insbesondere von Eigenschaften, die die Ausbreitung und Etablierung der Gerstenlinien beeinflussen könnten. Um die Stabilität des Phänotyps der transgenen Pflanzen im Freiland mit derjenigen im Gewächshaus zu vergleichen und allfällige pleiotrope Effekte der Transgenaktivität zu quantifizieren, sollen während des Versuchs Pflanzenwachstumsparameter wie beispielsweise der Zeitpunkt des Ährenschiebens, die Pflanzengrösse und Ertragskomponenten gemessen werden.

72. Nach Ansicht des BAFU kann Biosicherheitsforschung auch dazu dienen, Hypothesen wie beispielsweise diejenige, dass die Gerstenlinien eine Einwirkung auf Mykorrhiza haben könnten, zu widerlegen. Die Information, ob die gentechnisch veränderten Pflanzen als Ganzes auf Mikroorganismen des Bodens einen Einfluss haben oder nicht, ist aus Sicht der Biosicherheit von Belang, ungeachtet einer möglichen Expression des Inserts in den Wurzeln. Insgesamt ist zu erwarten, dass die geplanten Untersuchungen neue Erkenntnisse zu Aspekten der Biosicherheit liefern werden. Das BAFU ist daher der Ansicht, dass der Freisetzungsversuch die in Artikel 6 Absatz 2 Buchstabe b GTG aufgestellte Bedingung erfüllt, wonach der Versuch einen Beitrag zur Erforschung der Biosicherheit der gentechnisch veränderten Pflanzen zu leisten habe.

73. Nach Artikel 6 Absatz 2 Buchstabe c GTG dürfen die beim Versuch freigesetzten Organismen keine gentechnisch eingebrachten Resistenzgene gegen in der Human- und Veterinärmedizin zugelassene Antibiotika enthalten. Alle drei freizusetzenden Linien enthalten als Selektionsmarker das Gen *HPT*, welches aus dem Darmbakterium *Escherichia coli* stammt und eine Resistenz gegen das Antibiotikum Hygromycin verleiht. Hygromycin ist in der Schweiz weder in der Human- noch in der Veterinärmedizin zugelassen (Swissmedic 2019; Stellungnahmen des BAG und BLV). Bei der Agrobakterium-vermittelten Transformation von Pflanzen könnten möglicherweise auch Sequenzen des Vektorrückgrats übertragen werden. Daher wurde in allen freizusetzenden Linien die Abwesenheit des Resistenzmarkers Aminoglykosid-Adenyltransferase (*aadA*), der ausserhalb der T-DNA lokalisiert ist und eine Resistenz gegen die in der Human- und/oder Veterinärmedizin zugelassenen Antibiotika Streptomycin und Spectinomycin verleiht, mittels PCR bestätigt. Gemäss dem Deutschen Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit sei die Abwesenheit von Vektorbestandteilen am sichersten durch eine Southern-Blot-Analyse mit überlappenden Sonden festzustellen (BVL 2012). Gemäss Gesuchstellerin erlauben Southern Blots nur beschränkte Aussagen zu Intaktheit und Vollständigkeit anwesender Gene und könnten aufgrund von Homologien kurzer Sequenzen im Genom zur verwendeten DNA-Probe einen starken Hintergrund aufweisen. Darum sei die Analytik mittels PCR einschliesslich der nötigen Positivkontrollen zum Nachweis der Abwesenheit eines Gens präziser und liefere durch die Möglichkeit der Sequenzierung relevantere Daten. Dem BAFU liegen keine Daten aus der wissenschaftlichen Literatur vor, die nahelegen, dass eine PCR-Analyse für den Nachweis der Abwesenheit eines Antibiotikaresistenzgens ungenügend wäre. In Abwesenheit spezifischer Angaben aus der Literatur, die das Gegenteil andeuten würden, erachtet das BAFU den Nachweis mittels PCR als ausreichend.

74. Der vorgesehene Versuchsstandort im Reckenholz befindet sich in einem Gebiet des Inventars der kommunalen Natur- und Landschaftsschutzobjekte der Stadt Zürich (KSO-1.00 Landschaftsschutzobjekt Köschenrüti, Reckenholz, Chatzenbach, Seebach). Ziel des Inventars soll für besagtes Objekt die Erhaltung der Landschaft, insbesondere des Tal- und Wiesencharakters, die

Revitalisierung des angrenzenden Chatzenbachs, die Förderung von ökologisch vielfältigen Strukturen sowie die Verhinderung von Grossüberbauungen sein. Wie schon in früheren Bewilligungsverfügungen zu Freisetzungsversuchen am Standort Reckenholz festgehalten wurde, besteht kein materieller Konflikt zwischen dem vorgesehenen Freisetzungsversuch und den Schutzziele des Inventars, so dass diesbezüglich die Anforderungen der Freisetzungsverordnung (Art. 8 Abs. 2 FrSV) erfüllt sind.

75. Aus Sicht der Biosicherheit ist nach ständiger Praxis des BAFU ein Maschendrahtzaun von 1.5 m Höhe (respektive ein Maschendrahtzaun von 1.2 m Höhe und ein Spanndraht auf der Höhe von 1.5 m) mit einer Maschengrösse von 5 cm ausreichend, um das Versuchsgebiet zu kennzeichnen und räumlich zu sichern. Ein allenfalls nach kantonalem Recht bewilligungspflichtiger Zaun zur technischen Sicherung des Versuchsgeländes, wie ihn die Gesuchstellerin vorsieht und im Rahmen bereits bewilligter Freisetzungsversuche realisiert hat, ist gemäss den Bestimmungen der FrSV keine zwingende Anforderung für den anbegehrten Freisetzungsversuch, zumal der Schutz vor Sabotageakten auch durch andere Sicherheitsmassnahmen (bspw. Patrouillen, Videoüberwachung) möglich wäre.

Einzelne Anforderungen

76. Die folgende Beurteilung umfasst die Gefahrenidentifikation basierend auf den Eigenschaften der Organismen, den Erfahrungen, die im Umgang mit diesen gewonnen wurden, und den möglichen Wechselwirkungen mit der Umwelt. Die Beurteilung gliedert sich in vier Teile:

- Beurteilung der Sicherheit von Mensch, Tier und Umwelt (Art. 6 Abs. 1 Bst. a GTG) sowie der biologischen Vielfalt und deren nachhaltigen Nutzung (Art. 6 Abs. 1 Bst. b GTG);
- Beurteilung des Schutzes der Produktion ohne gentechnisch veränderte Organismen und der Wahlfreiheit der Konsumentinnen (Art. 7 GTG);
- Beurteilung der Einhaltung des Stufenprinzips (Art. 6 Abs. 2 GTG);
- Beurteilung der Achtung der Würde der Kreatur (Art. 8 GTG).

Sicherheit von Mensch, Tier und Umwelt sowie der biologischen Vielfalt und deren nachhaltigen Nutzung

Die neuen Eigenschaften

77. Beim eingebrachten Protein Lr34 handelt es sich nicht um eine neue Substanz, die erstmals in der Umwelt freigesetzt wird, da dieses aus Weizen stammt und in der konventionellen Weizenzüchtung bereits seit über 50 Jahren verwendet wird (Hoisington et al. 1999). In der Linie BG9 wird Lr34 durch die nativen Steuerungselemente aus Weizen kontrolliert. Beim *HvGer4c-Lr34*-Konstrukt, das in die Linien GLP8 und GLP11 eingeführt wurde, handelt es sich zwar um eine Kombination von *Lr34* und einem durch Pathogenbefall induzierbaren Gersten-Promotor, die natürlicherweise nicht vorkommt, allerdings werden dadurch hauptsächlich Zeitpunkt und Ort der Expression des Resistenzgens beeinflusst, während das dadurch kodierte Protein mit Lr34 aus Weizen identisch ist.

78. Lr34 gehört zur Familie der ABC-Transporter (ATP-binding cassette) (Krattinger et al. 2009), welche Proteine vereint, die in allen bekannten Lebewesen vorkommen und die unter Einsatz von Energie (ATP) diverse Substrate durch die Zellmembran transportieren. In der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* allein sind über 100 ABC-Transporter bekannt, aber auch in Getreide wie beispielsweise Reis wurden zahlreiche Gene gefunden, die für solche Transporter kodieren (Jasinski et al. 2003). Kürzlich wurde nachgewiesen, dass Lr34 in Hefe zum Import des Pflanzenhormons Abszissinsäure (ABA; *abscisic acid*) führt (Krattinger et al. 2019). Aktuell kann aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass Lr34 nebst ABA auch weitere Substanzen transportiert, da ABC-Transporter teilweise mehrere strukturell unterschiedliche Substrate transportieren können (Jasinski et al. 2003). In *A. thaliana* sind bereits zwei ABA-Transporter aus der Familie der ABC-Transporter identifiziert worden (Boursiac et al. 2013). Aufgrund des Vorkommens von ABA in allen höheren Pflanzen ist davon auszugehen, dass auch im Rahmen des Anbaus von Weizen und anderen Cerealien ähnliche beziehungsweise gar dieselben Transportproteine in grösseren Mengen freigesetzt werden. Zudem erscheint es angesichts seiner Funktion als Transporter unwahrscheinlich, dass das Auftreten von Lr34 in Gerste, die wie Weizen zur Familie der Süssgräser gehört, zur Synthese gänzlich neuer Substanzen führt. Der menschliche oder tierische Verzehr der nicht als Futter- oder Lebensmittel bewilligten gentechnisch veränderten Gerstenpflanzen ist jedoch nach Möglichkeit zu verhindern und es sind Sicherheitsmassnahmen zu ergreifen, die deren Verbreitung auf benachbarte Gerstenfelder ausschliessen.

79. Obwohl ABA in Pflanzen zahlreiche physiologische Vorgänge beeinflusst, wie beispielsweise die Resistenz gegen abiotischen Stress (Trockenstress, Salzstress) oder die Dormanz von Samen und Knospen, scheint sich die Wirkung von *Lr34* hauptsächlich auf Abwehrmechanismen gegen Pilzpathogene zu beschränken (Chauhan et al. 2015; Krattinger et al. 2009; Ton et al. 2009; Krattinger

et al. 2019). Eine erhöhte unspezifische Immunabwehr, wie sie in Pflanzen mit *Lr34* beobachtet werden kann, ist in der Regel nur auf Kosten anderer physiologischer Funktionen wie beispielsweise der Samenproduktionen möglich (Denancé et al. 2013). So zeigen Weizensorten, die natürlicherweise über das resistente *Lr34*-Allel verfügen, jeweils an der Spitze des Fahnenblatts, wo *Lr34* am stärksten exprimiert wird, Anzeichen verfrühter Seneszenz auf, die auch als Blattspitzennekrose (BSN) bezeichnet wird. Auch transgene Gerste-, Mais- und Reispflanzen weisen BSN auf, deren Stärke von der Expression von *Lr34* abhängt (Krattinger et al. 2016; Risk et al. 2013; Krattinger et al. 2019; Sucher et al. 2017). In Weizen tritt BSN erst in adulten Pflanzen auf und hat keinen grossen Einfluss auf das Pflanzenwachstum, möglicherweise weil die Expression des resistenten *Lr34*-Allels durch das Vorhandensein einer anfälligen *Lr34*-Version herunterreguliert wird (Chauhan et al. 2015). Im Gegensatz dazu zeigt die transgene Gerstenlinie BG9 mit *Lr34* unter dem nativen Weizenpromotor bereits im Keimlingsstadium erste BSN-Symptome auf, die zu einem verringerten Wachstum und Ertrag führen (Risk et al. 2013). Diese pleiotropen Effekte konnten in den Gerstenlinien GLP8 und GLP11 durch die Verwendung eines Epidermis-spezifischen Promotors aus Gerste, der nur bei Pathogenbefall exprimiert wird, reduziert werden, ohne dabei an Resistenz einzubüssen (Boni et al. 2018). Unter feldähnlichen Bedingungen weisen die Linien BG9, GLP11 und dessen Schwesterlinie GLP11 sib ein verringertes Wachstum auf und produzieren weniger Biomasse als GLP8 und die Schwesterlinien BG9 sib und GLP8 sib. Dies ist im Fall von BG9 vermutlich auf pleiotrope Effekte aufgrund der starken Expression des *Lr34*-Inserts zurückzuführen, hingegen im Fall von GLP11 und der Schwesterlinie GLP11 sib, welche über kein Insert verfügt, auf somaklonale oder epigenetische Effekte aufgrund der Gewebekultur im Rahmen der Regenerierung von Transformanten (Boni et al. 2018). Nach Angaben der Gesuchstellerin bestehe ein weiterer pleiotroper Effekt darin, dass transgene Pflanzen mit *Lr34* tendenziell eine etwas geringere Keimrate aufweisen als ihre Schwesterlinien. Gemäss der Einschätzung des BAFU besteht aufgrund der zahlreichen möglichen Wirkungen von ABA in der Pflanze die Möglichkeit des Erscheinens weiterer, bisher unbekannter pleiotroper Effekte unter Feldbedingungen. Dabei ist jedoch die Wahrscheinlichkeit, dass diese sich positiv auf die Verbreitung der transgenen Pflanzen auswirken, nach Ansicht des BAFU angesichts der negativen Auswirkungen von *Lr34* auf das Wachstum gering und das Risiko pleiotroper Effekte angesichts des kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch insgesamt tragbar.

80. Die Lokalisierung der Insertionen im Genom wurde nicht bestimmt. Aufgrund des Transformationsprozesses könnte Insertionsmutagenese stattgefunden haben, und auch die Bildung neuer Fusionsproteine kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Dieselben Mechanismen unbeabsichtigter Genom-Veränderungen treten jedoch auch bei der Anwendung konventioneller Züchtungsmethoden auf, sei es durch zufällige oder induzierte Mutationen oder natürliche Rekombinationsereignisse. Durch Transgenese verursachte Positionseffekte sind somit vergleichbar mit den während der konventionellen Züchtung stattfindenden Vorgängen (EFSA 2012).

81. Für den Nachweis der transgenen Gerstenlinien wurden ein Identifizierungsverfahren auf der Basis von PCR-Analysen entwickelt (Gesuch B18004, Teil B.4.12). Mittels Southern Blot wurde nachgewiesen, dass die Gerstenlinien BG9 und GLP11 eine einzige stabile Kopie des Inserts enthalten, während die Linie GLP8 über drei stabile Kopien verfügt (Boni et al. 2018; Risk et al. 2013). Segregationsanalysen in der T1-Generation weisen dabei darauf hin, dass es sich um genomische Inserts handelt (Gesuch B18004, Teil B.4.2d). GLP8 und GLP11 besitzen jeweils eine zusätzliche segregierende Kopie, die sich jedoch nicht auf den Resistenz-Phänotyp der Pflanzen auswirkt, weshalb die Gesuchstellerin von inaktiven Genen oder Genfragmenten ausgeht (Boni et al. 2018; Schreiben der Gesuchstellerin vom 10. April 2019). Die anhand reverser Transkription mit anschliessender quantitativer PCR ermittelte Expression von *Lr34* in Blättern widerspiegelt die phänotypischen Beobachtungen in den drei Gerstenlinien. So weist die Gerstenlinie BG9 bereits als Keimling eine deutliche Expression von *Lr34* auf, welche mit erhöhter Krankheitsresistenz und früher Blattspitzennekrose einhergeht (Boni et al. 2018). Die stärkste Expression ist dabei wie in Weizen im Fahnenblatt adulter Pflanzen zu beobachten. Die Linien GLP8 und GLP11 weisen eine gewisse Grund-Expression von *Lr34* auf, welche aufgrund des pathogeninduzierbaren Promotors trotz mehrfacher, teilweise segregierender Inserts ein Mehrfaches geringer ist als in BG9 und bei Infektion mit Rost oder Mehltau deutlich erhöht wird, ohne das Expressionsniveau in BG9 zu erreichen. Dementsprechend sind Pflanzen der Linien GLP8 und GLP11 resistent, ohne die mit dem nativen Promotor beobachtete frühe BSN oder die damit einhergehenden Ertragseinbüssen aufzuweisen (Boni et al. 2018). Da in den freizusetzenden Linien keine Epitope-Tags verwendet wurden, kann das Vorhandensein der Proteine nicht nachgewiesen werden. In anderen Gerstenlinien, in denen *Lr34* unter Kontrolle des nativen Weizenpromotors mit einem HA-Epitope-Tag versehen wurde, konnte das *Lr34*-Protein in der blühenden Ähre und dem Stielabschnitt direkt darunter, jedoch nicht in Wurzeln nachgewiesen werden (Gesuch B18004, Teil B.4.3b). Weitere Informationen über die Expression der Inserts im Verlauf des Lebenszyklus der transgenen Gerstenlinien mit dem nativen oder dem pathogeninduzierbaren Promotor

sollen unter anderem im Rahmen der beantragten Feldversuche erworben werden. Aufgrund der Expressionsdaten und der Phänotypen der freizusetzenden Linien geht das BAFU davon aus, dass das Vorhandensein mehrfacher Kopien von *Lr34* unter Kontrolle des pathogeninduzierbaren Promotors kein grösseres Risiko darstellen als die Insertion einer einzelnen Kopie, unabhängig davon, ob die segregierenden Kopien funktionell sind oder nicht. Insgesamt hält das BAFU die vorhandenen Informationen zur Expression der Inserts für einen kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch für ausreichend.

82. Die freizusetzenden Linien BG9, GLP8 und GLP11 wurden sowohl in genotypischer Hinsicht (Anzahl Transgen-Kopien, Stabilität und Vererbbarkeit über mindestens drei Generationen) als auch in phänotypischer Hinsicht (Expression des Transgens, Morphologie der Pflanzen, Keimfähigkeit der Samen) untersucht, und dies im Labor, im Gewächshaus und unter feldähnlichen Bedingungen, bisher jedoch nicht im Freiland. Das BAFU erachtet demnach die vorhandenen Daten für einen kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch als genügend.

Verbreitung, Persistenz und Invasivität von gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial

83. Nach Artikel 6 Absatz 2 Buchstabe d GTG dürfen Freisetzungsversuche nur durchgeführt werden, wenn eine Verbreitung der Organismen und ihrer neuen Eigenschaften nach dem Stand der Wissenschaft ausgeschlossen werden kann. Ausserhalb von landwirtschaftlichen Flächen ist Kulturgerste nicht persistent. Zwar können vereinzelt Körner ausserhalb von kultivierten Flächen keimen und kleinere Bestände bilden, aber für eine dauerhafte Etablierung grosser Populationen ist die Konkurrenzkraft von Gerste insbesondere aufgrund der züchterisch verminderten Samendormanz und der festen Spindel zu schwach (Andersson und Vicente 2010). In seltenen Fällen können Seitentriebe von Gerste mithilfe von Adventivwurzeln weiterwachsen, eine derartige vegetative Fortpflanzung ist unter natürlichen Bedingungen jedoch unwahrscheinlich (OGTR 2017; Gesuch, Teil B2a). Auch ist es nach Ansicht des BAFU unwahrscheinlich, dass Gerstentriebe über weite Distanzen verschleppt werden könnten, weshalb eine vegetative Verbreitung der gentechnisch veränderten Gerste höchstens im unmittelbaren Umkreis des Versuchs zu erwarten ist.

84. Das BAFU geht davon aus, dass die Transformation mit *Lr34* aus Weizen die Konkurrenzkraft der Gerstenlinien nicht massgeblich erhöht. So wirkt sich die durch *Lr34* hervorgerufene konstitutive Aktivierung unspezifischer Abwehrmechanismen in Gerste negativ auf Pflanzenwachstum und Gesamtkorngewicht aus und führt zu BSN und einer Herunterregulierung von Genen, die für den regulären Metabolismus, wie beispielsweise Photosynthese, zuständig sind (Chauhan et al. 2015; Risk et al. 2013). Nach Angaben der Gesuchstellerin wiesen Pflanzen mit *Lr34* tendenziell eine etwas geringere Keimrate auf als ihre Schwesternlinien, es seien jedoch keine Änderungen der wesentlichen artspezifischen Funktionen oder der Lebensweise (z.B. Blütenarchitektur) beobachtet worden. Es kann insbesondere in der Linie BG9 mit dem nativen Promotor von *Lr34* nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass weitere Eigenschaften, beispielsweise von Pollen, in geringem Mass verändert sind. Da *Lr34* bereits existierende Metaboliten transportiert, geht das BAFU jedoch davon aus, dass dadurch keine gänzlich neuen Eigenschaften entstehen würden. Das BAFU erachtet demnach das Risiko einer erhöhten Konkurrenzkraft der Versuchspflanzen für einen kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch mit dem Ergreifen von Massnahmen gegen die Verbreitung von Pollen und Samen als tragbar.

Persistenz und Verbreitung von gentechnisch verändertem Erbmateriel im Boden

85. Bei der Freisetzung von gentechnisch veränderter Gerste wird Pflanzenmaterial in den Boden eingebracht, wo es frei und uneingeschränkt zu Wechselwirkungen mit der Umwelt, insbesondere den Bodenorganismen, kommt. Aufgrund der Kenntnisse über die Vorgänge im Boden ist davon auszugehen, dass Pflanzenmaterial von Mikro- und Makroorganismen (z.B. Regenwürmer) in tiefere Bodenzonen verfrachtet wird. Da DNA (Gay 2001) und Proteine (Tapp und Stotzky 1995; Koskella und Stotzky 1997) je nach Bodenbedingungen lange Zeit im Boden überdauern können, ist weiterhin in Betracht zu ziehen, dass die *Lr34*-Genkonstrukte sowie die *Lr34*-Proteine unter Umständen lange im Boden verbleiben könnten. Die Konsequenzen könnten sein, dass es zu unbeabsichtigten Nebenwirkungen auf Bodenorganismen, v.a. auf Bodenpilze und Insekten, sowie zu einem Transfer der Gene auf Mikroorganismen kommt. In Anbetracht der grossen Diversität von Bodenorganismen und der taxonomischen und phylogenetischen Befunde bei Mikroorganismen, die belegen, dass horizontaler Gentransfer bei diesen eine wichtige Rolle in der Evolution gespielt hat (Hanselmann 2002), ist ein horizontaler Gentransfer von den Versuchspflanzen auf andere Organismen nicht auszuschliessen. Ein solcher horizontaler Gentransfer ist jedoch bislang im Freiland noch nicht nachgewiesen worden und nach Berechnungen extrem unwahrscheinlich (Schlüter und Potrykus 1996; Kim et al. 2010; van den Eede et al. 2004; ZKBS 2008; EFSA 2004) und stellt somit nach Ansicht des BAFU ein tragbares Risiko dar.

Möglichkeit des Auskreuzens auf Wildpflanzen und dessen Konsequenzen

86. Kulturgerste (*H. vulgare* subsp. *vulgare* oder subsp. *distichon*) entstand durch die Domestizierung der aus dem fruchtbaren Halbmond im Nahen Osten stammenden Wildgerste (*H. vulgare* subsp. *spontaneum*) (Miedaner 2014). Aufgrund molekularer Studien und der Kreuzungskompatibilität mit Kulturgerste werden Arten der Gattung *Hordeum* in drei Genpools unterteilt (Andersson und Vicente 2010; Pickering und Johnston 2005):

- Primärer Genpool (GP-1): Dieser Gruppe werden die Wildgerste und die davon abstammende Kulturgerste zugeteilt. Kreuzungen zwischen beiden Unterarten sind unter natürlichen Bedingungen ohne Weiteres möglich und führen zur Produktion fertiler Hybride. Zwar befruchtet sich Gerste hauptsächlich selbst, dennoch werden in Regionen, wo beide Unterarten wachsen, regelmässig verwilderte Hybride bzw. intermediäre Formen gefunden (Andersson und Vicente 2010; Miedaner 2014). Ausserhalb seines ursprünglichen Verbreitungsgebiets in Südwestasien (Naher Osten) kommt Wildgerste hauptsächlich östlich davon und nur verstreut vor (Jakob et al. 2014; Miedaner 2014; Bothmer et al. 1995). Weder in der Schweiz noch in Europa sind Vorkommen von Wildgerste bekannt (Infoflora 2019; Jakob et al. 2014; Bothmer et al. 1995).
- Sekundärer Genpool (GP-2): Diesem Genpool gehört einzig die mehrjährige Knollen-Gerste (*Hordeum bulbosum*) an. Individuen dieser Art können diploid oder tetraploid sein, wobei erstere aufgrund der Ähnlichkeit des Genoms und der daraus resultierenden hohen meiotischen Paarung potentiell fruchtbare Hybride mit Kulturgerste bilden könnten (Andersson und Vicente 2010). Unter natürlichen Bedingungen ist dies jedoch äusserst selten der Fall, da bei Kreuzungen zwischen *H. vulgare* und *H. bulbosum* das Wachstum des Pollenschlauchs gestört und das Endosperm, der Stärkespeicher des Embryos, allmählich degeneriert. Eine schwerwiegende Hybridisierungsbarriere ist zudem die vom Genotyp und den Umweltbedingungen abhängige Eliminierung der Chromosomen von *H. bulbosum* in Hybriden, was zur Bildung grösstenteils steriler Nachkommen führt (Pickering und Johnston 2005). Diese Hybridisierungsbarrieren können im Labor umgangen werden, um nützliche Eigenschaften von *H. bulbosum* in Kulturgerste einzuführen (Andersson und Vicente 2010; Pickering und Johnston 2005). Die Verbreitung von *H. bulbosum* erstreckt sich vom fruchtbaren Halbmond bis nach Afghanistan und über den Mittelmeerraum bis nach Italien und Südfrankreich (Bothmer et al. 1995; Pickering und Johnston 2005). In der Schweiz sind keine Vorkommen von *H. bulbosum* bekannt (Infoflora 2019; Bothmer et al. 1995).
- Tertiärer Genpool (GP-3): In den tertiären Genpool werden die weiteren *Hordeum*-Arten eingeteilt, welche in weiten Teilen der Welt vorkommen und diploid, tetraploid oder hexaploid sein können, deren Genom sich jedoch immer stark von demjenigen von *H. vulgare* unterscheidet. Daher und aufgrund weiterer prä- und postzygotischer Hybridisierungsbarrieren können Hybride einzig durch beträchtlichen menschlichen Eingriff erzeugt werden, sie wachsen jedoch kümmerlich und sind kaum fruchtbar (keine Samenbildung, weniger als 2% fruchtbare Pollen) (Bothmer et al. 1983). Unter natürlichen Bedingungen konnten keine Auskreuzungen von Gerste auf Arten aus dem Genpool 3 nachgewiesen werden (Andersson und Vicente 2010). Bis heute ist es sogar im Labor nicht gelungen, Eigenschaften von Arten aus dem tertiären Genpool zu züchterischen Zwecken in Kulturgerste einzukreuzen (Andersson und Vicente 2010; Pickering und Johnston 2005). Aus dem Genpool 3 kommen Mäusegerste (*H. murinum*), Mähngerste (*H. jubatum*) und Roggengerste (*H. secalinum*) in der Schweiz vor (Infoflora 2019). *H. murinum* ist vor allem in der Westschweiz verbreitet, wurde aber auch in der Region Zürich nachgewiesen (Infoflora 2019). In der Schweiz wurde kein Genfluss von Kulturgerste auf *H. murinum* beobachtet (Savova Bianchi et al. 2002). *H. jubatum* stammt ursprünglich aus Nordamerika und Ostsibirien, wird aber aufgrund seiner ansehnlichen «geschweiften» Ähren im Gartenbau verwendet und ist auch in der Schweiz vereinzelt verwildert zu finden (Bothmer et al. 1995; Infoflora 2019). *H. secalinum* wurde früher in der Westschweiz nachgewiesen, Funde in der Region Zürich sind keine bekannt (Bothmer et al. 1995; Infoflora 2019).

87. Basierend auf diesen Angaben sieht das BAFU die Wahrscheinlichkeit, dass *H. vulgare* subsp. *spontaneum* nicht am Standort des Freisetzungsversuchs vorkommt, als hoch an. *H. bulbosum* kann zwar auch in Südeuropa vorkommen, zusammen mit der geringen Hybridisierungsrate unter natürlichen Bedingungen erachtet das BAFU die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung der Versuchspflanzen aber ebenfalls als gering. Das Vorkommen von wilden Verwandten der Gerste aus dem Genpool 3 in der Region Zürich kann nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere *H. murinum* und *H. jubatum* könnten in der Region Zürich wild oder in Gärten vorkommen. Angesichts der starken prä- und postzygotischen Hybridisierungsbarrieren ist eine erfolgreiche Auskreuzung transgener Pflanzen auf wilde Verwandte der Gerste aus dem Genpool 3 jedoch als äusserst gering einzuschätzen. Die Gesuchstellerin schlägt zudem ein Monitoring wilder *Hordeum*-Arten im Umkreis von 25 m um die Versuchsflächen vor. Insgesamt erachtet das BAFU das Risiko einer Auskreuzung auf Wildpflanzen insbesondere aufgrund

der relativ kleinen Pollenquelle als tragbar, solange keine neuen Erkenntnisse zur Hybridisierung von Gerste mit Wildpflanzen sowie zur Verbreitung möglicher Kreuzungspartner von Gerste in der Umgebung des Versuchsstandortes vorliegen, die auf ein erhöhtes Auskreuzungsrisiko hinweisen. In Anbetracht der äusserst geringen Wahrscheinlichkeit einer Entstehung fertiler Hybriden mit Wildgerste genügt nach Ansicht des BAFU ein Monitoring wilder *Hordeum*-Arten im Umkreis von 12 m um die Versuchsfläche gemäss der gängigen Praxis bei der Freisetzung gentechnisch veränderten Weizens.

Wechselwirkungen mit Nicht-Zielorganismen

88. Die Wahrscheinlichkeit eines horizontalen Gentransfers zwischen den gentechnisch veränderten Pflanzen und Bakterien wird als unter natürlichen Bedingungen seltenes Ereignis erachtet (Kim et al. 2010). Das Lr34-Protein transportiert ABA und möglicherweise andere Substrate durch die Zellmembran. Bei der Beurteilung der möglichen Wechselwirkungen mit Nicht-Zielorganismen hat das BAFU berücksichtigt, dass die Eigenschaften der Versuchspflanzen nicht eigentlich neu sind. Durch die Expression von Lr34 werden pflanzeigene Mechanismen verstärkt aktiviert, denen Nicht-Zielorganismen, die mit Getreidepflanzen assoziiert sind, grundsätzlich bereits ausgesetzt werden. Allerdings ist es vorstellbar, dass ein veränderter ABA-Transport im Schoss auch in den Wurzeln Auswirkungen haben könnte und Mykorrhiza-Pilze, mit denen Gerste eine Symbiose eingeht, dadurch beeinflusst werden könnten. Dies zu untersuchen ist ein Ziel der von der Gesuchstellerin geplanten Biosicherheitsforschung. Dass die Expression des Selektionsmarkergens HPT eine Auswirkung auf Nicht-Zielorganismen hat, hält das BAFU für unwahrscheinlich, da Hygromycin von Mikroorganismen zum Schutz gegen andere Mikroorganismen produziert wird (EFSA 2004), weshalb nicht zu erwarten ist, dass eine pflanzliche Resistenz gegen Hygromycin die Wechselwirkungen mit Mikroorganismen nennenswert beeinflussen könnte.

89. Bei der Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass es sich sowohl bei den Lr34-Proteinen als auch bei den HPT-Proteinen nicht um neue Substanzen handelt, da sie aus Weizen respektive *E. coli* stammen und mit jeder Anpflanzung in den Boden gelangen respektive im Mikrobiom natürlicherweise weit verbreitet sind. Nach Einschätzung des BAFU wären allfällige Nebenwirkungen auf Nicht-Zielorganismen und insbesondere Mykorrhiza durch die zeitliche und örtliche Begrenzung des Freisetzungsversuches lokal auf wenige Organismen begrenzt. Da schliesslich die Versuchspflanzen weder für den menschlichen Verzehr noch für die Verwendung als Viehfutter bestimmt sind, gelangt das BAFU zu dem Schluss, dass das Risiko, das von den gentechnisch veränderten Gerstenlinien für Nicht-Zielorganismen ausgeht, tragbar ist.

Auswirkungen auf Stoffkreisläufe

90. Bei der Beurteilung der möglichen Auswirkungen auf Stoffkreisläufe hat das BAFU berücksichtigt, dass die Eigenschaften der Versuchspflanzen nicht eigentlich neu sind. Mit jeder Anpflanzung von Weizen wurden und werden Lr34-Proteine in die Umwelt, insbesondere in den Boden eingetragen. Auch HPT ist in der Umwelt bereits weit verbreitet (EFSA 2004). Selbst wenn es zu unerwarteten Auswirkungen auf Stoffkreisläufe käme, so wären diese aufgrund der zeitlichen und räumlichen Begrenzung des Freisetzungsversuches lokal begrenzt und würden im Rahmen der Begleituntersuchungen frühzeitig entdeckt werden. Aus diesen Gründen erachtet das BAFU das Risiko, dass es zu Veränderungen in Stoffkreisläufen kommt, als tragbar.

Resistenzentwicklung

91. Schädlinge oder Krankheitserreger können gegenüber Substanzen, die sie bekämpfen sollen, Resistenzen entwickeln. Damit Pathogene Resistenzen entwickeln und sie verbreiten können, müssen sie jedoch über einen längeren Zeitraum und relativ grossflächig diesen Substanzen ausgesetzt sein. Der geplante Freisetzungsversuch ist aber zeitlich wie räumlich stark begrenzt und nicht mit einem kommerziellen Anbau zu vergleichen, weshalb erwartet werden kann, dass der Selektionsdruck verhältnismässig klein und die Entwicklung von Resistenzen minimal ist. Zudem ist trotz der weit verbreiteten Verwendung von Lr34 in der klassischen Weizenzüchtung auch nach Jahrzehnten keine Resistenzentwicklung beobachtet worden (Hoisington et al. 1999).

92. Auch die Wahrscheinlichkeit, dass das als Selektionsmarker eingesetzte Hygromycin-Resistenzgen durch horizontalen Gentransfer von den Versuchspflanzen auf pathogene Mikroorganismen übertragen wird, ist äusserst gering (siehe Ziffer 85). Des Weiteren sind Hygromycin-Resistenzen in boden- und darmbewohnenden Bakterien bereits weit verbreitet, weshalb die Wahrscheinlichkeit, dass Mikroorganismen bereits über eine Hygromycin-Resistenz verfügen oder sie von anderen Mikroorganismen erhalten würden, sehr gross ist (EFSA 2004; ZKBS 2008). Zudem wird Hygromycin weder in der Human- noch in der Tiermedizin verwendet (siehe Ziffer 73), so dass sich eine allfällige von den Versuchspflanzen ausgehende Verbreitung der Hygromycin-Resistenz kaum auf die menschliche oder tierische Gesundheit auswirken würde. Das BAFU schätzt das Risiko einer Resistenzentwicklung sowohl in den Zielorganismen (pflanzenpathogene Pilze) als auch in Nicht-

Zielorganismen (mensen- oder tierpathogene Mikroorganismen) insbesondere aufgrund der zeitlichen und räumlichen Einschränkung des Versuchs als tragbar ein.

Allergenität / Toxizität

93. Basierend auf der Stellungnahme des BAG erkennt das BAFU weder ein übermässiges toxisches noch allergenes Potential des in den gentechnisch veränderten Pflanzen zusätzlich exprimierten Proteins. Zwar ist davon auszugehen, dass *Lr34* zumindest in der Linie BG9 in blühenden Ähren exprimiert wird und somit in Pollen dieser transgenen Linie vorhanden sein könnte (Gesuch B18004, Teil B.4.3b). *In silico*-Analysen der *Lr34*-Sequenz haben jedoch keine Hinweise auf eine mögliche Allergenität ergeben (Gesuch B18004, Teil B4.7). Zudem sind trotz der Verwendung von *Lr34* in der konventionellen Weizenzüchtung auch nach Jahrzehnten keine dadurch verursachten Allergien bekannt. Das Gen *HPT* kodiert für ein Enzym, welches in einer äusserst spezifischen Reaktion das Antibiotikum Hygromycin inaktiviert, sich in Fütterungsstudien mit Mäusen weder als toxisch noch als allergen herausgestellt hat und in Magensäure rasch abgebaut wird (Lu et al. 2007; Zhuo et al. 2009). Datenbankanalysen und *in silico*-Analysen der *HPT*-Sequenz haben ebenfalls keine Hinweise auf eine mögliche Allergenität ergeben (Gesuch B18004, Teil B4.7).

94. Daher sollte es bei einem allfälligen Verzehr von Lebensmitteln, welche geringe Anteile der gentechnisch veränderten Gerstenlinien enthalten, in keinem grösseren Mass zu Symptomen einer nahrungsmittelbedingten Allergie kommen als bei herkömmlicher Gerste. Das Risiko, dass der Pollen der gentechnisch veränderten Gerstenlinien vermehrt zu respiratorisch-allergischen Symptomen führt als derjenige der herkömmlichen Gerste, erachtet das BAFU ebenfalls als gering. Weil die Gerstenlinien nicht gezielt darauf getestet wurden, kann eine erhöhte Allergenität jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden und es sollte unter allen Umständen vermieden werden, dass gentechnisch veränderte Gerste bzw. dessen Eigenschaften in die Nahrungsmittelkette gelangt.

Beurteilung des Schutzes der Produktion ohne gentechnisch veränderte Organismen und der Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten

95. Bei der Beurteilung des Schutzes der Produktion ohne gentechnisch veränderte Organismen und der Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten ist zu prüfen, ob es zu Verunreinigungen kommen kann:

- durch Auskreuzung auf benachbarte Kulturpflanzen
- durch den Einsatz von Geräten
- durch unbeabsichtigte Verluste
- bei der Verarbeitung.

Verunreinigung durch Auskreuzung auf benachbarte Kulturpflanzen

96. Kreuzungen zwischen Gerste und anderen kultivierten Getreiden wie beispielsweise Weizen, Roggen oder Hafer sind unter natürlichen Bedingungen kaum möglich und resultieren wie bei Kreuzungen mit Arten des Genpools 3 (siehe Ziffer 86) höchstens in sterilen oder genetisch instabilen Nachkommen (Andersson und Vicente 2010; Eastham und Sweet 2002). Weizen-Gerste-Hybride können durch künstliche Hybridisierungstechniken wie beispielsweise der Behandlung der Elternpflanzen mit Pflanzenhormonen und Colchicin erzeugt werden, sind jedoch meist steril oder zeigen keine stabile Vererbung ihrer Chromosomensätze (Koba et al. 1991; Mujeeb-Kazi und Rodriguez 1983; Martin et al. 1999). Eine der wenigen Ausnahmen ist das Getreide Tritordeum, welches im Labor durch eine Kreuzung von Hartweizen (*Triticum durum*) und chilenischer Wildgerste (*Hordeum chilense*) erzeugt wurde (Martin et al. 1999; Martin und Sanchez-Monge Laguna 1982). Tritordeum wurde in den letzten 30 Jahren in Spanien entwickelt und seit wenigen Jahren in der EU als besonders trockenheitsresistente und Gliadin(Gluten)-arme Sorte vermarktet, aktuell gibt es jedoch in der Schweiz keinen bedeutenden Anbau (Bundesamt für Statistik 2018). Dem BAFU liegen keine Informationen zur Wahrscheinlichkeit von Kreuzungen von Kulturgerste auf *H. chilense* oder Tritordeum vor. *H. chilense* gehört derselben Gattung an wie die Wildgerste *H. vulgare*, aus der die Kulturgerste entstanden ist, weist jedoch auf genetischer Ebene deutliche Unterschiede dazu auf (Abdel-Aziz Hagrais et al. 2005). Aufgrund der unterschiedlichen Ploidie von Tritordeum (Allohexaploid: AABBH^{ch}H^{ch}) (Martin et al. 1999) und Kulturgerste (Diploid: HH) ist jedoch davon auszugehen, dass allfällige Hybride aneuploid und daher mit grosser Wahrscheinlichkeit steril oder in hohem Masse infertil wären. Nichtsdestotrotz hält es das BAFU angesichts fehlender Daten zu möglichen Auskreuzungen von Kulturgerste auf Tritordeum für sinnvoll, vorsorglich eine Isolationsdistanz zwischen den Versuchen und potentiellen Tritordeum-Feldern einzuhalten. Aufgrund der durch die unterschiedliche Chromosomenzahl bedingten geringen Wahrscheinlichkeit für fertile Nachkommen ist eine grössere Isolationsdistanz als bei Kulturgerste jedoch nicht angebracht.

97. Gerstenpollen wird hauptsächlich durch Wind verfrachtet – die Rolle von Insekten in der Gerstenbestäubung ist vernachlässigbar (Andersson und Vicente 2010). Trotz der hohen Langlebigkeit

von Gerstenpollen, die auch nach 26 h bei 40°C fruchtbar sein können (Parzies et al. 2005), weisen sowohl moderne Gerstensorten als auch Landrassen eine hohe Selbstbestäubungsrate von 98-99% auf (Abdel-Ghani et al. 2004; Parzies et al. 2000; Wagner und Allard 1991). Dafür ist nebst der geringen Pollenproduktion hauptsächlich das geschlossene Abblühen (Kleistogamie), eine vererbte Eigenschaft der Gerstenblüten-Morphologie, verantwortlich (Eastham und Sweet 2002; Nair et al. 2010). Nach Angaben der Gesuchstellerin blüht auch die verwendete Ausgangssorte Golden Promise kleistogam ab (Gesuch B18004, Teil B2.2a).

98. Die Datenlage bezüglich distanzabhängiger Auskreuzungsraten ist bei Gerste im Vergleich mit Weizen weniger umfassend, auch hier scheint die Auskreuzungsrate jedoch mit der Entfernung zu den Spenderpflanzen sehr stark zu sinken. Untersuchungen der Auskreuzungsraten in kalifornischen Gerstenfeldern haben ergeben, dass Auskreuzungen in einem Gerstenfeld hauptsächlich zwischen benachbarten Pflanzen derselben Reihe und kaum über Entfernungen von mehr als 10 m stattfinden. In einem Einzelfall ist jedoch eine Auskreuzung in 60 m Entfernung nachgewiesen worden (Wagner und Allard 1991). In einer finnischen Studie mit offen abblühenden Pflanzen wurden in 1 m Entfernung Auskreuzungsraten zwischen 0 und 7% gemessen, während Auskreuzungen einer grossflächigen Spender-Fläche auf männlich sterile Pflanzen selten auch in 50 m beobachtet wurden. Die Resultate waren dabei vom Wetter abhängig und wiesen aufgrund der Verwendung offen abblühender Sorten und männlich steriler Empfängerpflanzen tendenziell höhere Auskreuzungsrate pro Distanz nach (Ritala et al. 2002). Eine australische Studie hat 0.005% Auskreuzungen in weniger als 12 m festgestellt (Gatford et al. 2006). Die Auskreuzung von Gerste wurde am geplanten Versuchsstandort in Reckenholz bisher nicht untersucht.

99. Der gesetzlich festgelegte minimale Abstand für die Produktion von zertifiziertem Saatgut (Gebrauchssaatgut) von Gerste-Hybriden beträgt gemäss Verordnung des WBF über Saat- und Pflanzgut von Acker- und Futterpflanzen- sowie Gemüsearten (SR 916.151.1) 25 m. Eine Isolationsdistanz für die Produktion von Basissaatgut (Vermehrungssaatgut) wird in dieser Verordnung nicht vorgegeben, die Richtlinie für Feldbesichtigungen in der Saatgutsertifizierung von Agroscope sieht jedoch für Vermehrungen von Basissaatgut von 2- und 6-zeiligen Gerstensorten zur Verhinderung einer Fremdbefruchtung einen Isolationsabstand von mindestens 50 m vor (Agroscope 2018). In Versuchen mit GV-Gerste in Europa wurden bisher mindestens 100 m Distanz zum Anbau konventioneller Gerste eingehalten (European Commission 2019).

100. Das BAFU erachtet in Anbetracht der aktuellen Datenlage eine Isolationsdistanz zum Anbau von Gerste und Tritordeum von 60 m als angemessen, wobei künftig eine Verkleinerung oder gar Aufhebung der Distanz zu Tritordeum aufgrund einer detaillierten Evaluation des Auskreuzungsrisikos durch die Gesuchstellerin in Betracht gezogen werden kann. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass vereinzelte Kulturgerste-Pflanzen innerhalb der Isolationsdistanz wachsen, beispielsweise als Durchwuchs vom vorangehenden Jahr. Aufgrund ihrer geringen Zahl im Vergleich zu einem gezielten Anbau und der mit der Distanz rapide sinkenden Auskreuzungswahrscheinlichkeit ist jedoch davon auszugehen, dass Auskreuzungen nur in unmittelbarer Nähe des Versuchsfelds eine signifikante Wahrscheinlichkeit erreichen. Daher hält das BAFU eine Kontrolle der Umgebung des Versuchsfelds in 12 m Umkreis gemäss gängiger Praxis bei der Freisetzung von gentechnisch verändertem Weizen für ausreichend.

Verunreinigung durch den Einsatz von Geräten

101. Nach Angaben der Gesuchstellerin werden sämtliche Fahrzeuge und Maschinen, die zur Aussaat bzw. zur Pflege des Feldes eingesetzt werden, vor dem Verlassen des Versuchsareals gereinigt. Das BAFU erachtet mit diesen vorgeschlagenen Massnahmen das Risiko einer Verunreinigung durch den Einsatz von Geräten als tragbar.

Verunreinigung durch unbeabsichtigte Verluste

102. Verloren gegangene Samen oder Körner können keimen und die daraus resultierenden Pflanzen wiederum auf benachbarte Flächen auskreuzen. Samen wilder Gerste können im Boden drei bis vier Jahre überdauern und Kulturgerstesenamen haben das Potenzial, im Boden länger zu überleben als Weizensamen. Dabei hängt die Lebensdauer von Getreidesamen im Boden von den klimatischen Bedingungen, der Saat-Tiefe und der Bodenbewirtschaftung ab (Andersson und Vicente 2010). Braugerste wurde jedoch auf niedrige Samendormanz hin gezüchtet, damit beim Mälzen eine rasche Keimung gewährleistet ist (Oberthur et al. 1995). So besitzt auch Golden Promise nachweislich ein dominantes Gen für kurze Samendormanz, welches dazu führt, dass 80-90% statt nur 5% der Samen innert 21 Tagen keimen (Sato et al. 2016).

103. Die Gesuchstellerin behandelt jeweils im Versuchsjahr nach der Ernte das Versuchsfeld gegen Gerstendurchwuchs und untersucht nach jedem Versuchsjahr die Transportwege, Versuchsflächen und den Umkreis von 12 m um die Versuchsfläche auf Durchwuchspflanzen. Wird dabei Durchwuchsgerste

gefunden, werden die Pflanzen bekämpft, allenfalls durch Herbizidbehandlung, und die Nachbeobachtung um ein Jahr verlängert. Nach dem Beenden der Gerstenversuche wird konventionelle Gerste erst auf den ehemaligen Versuchsflächen angebaut, wenn mindestens zwei Jahre keine Durchwuchsgerste beobachtet wurde. Das BAFU erachtet eine Dauer von zwei Jahren bis zum erneuten Anbau von konventioneller Gerste aufgrund der kurzen Samendormanz in Golden Promise als ausreichend.

Verunreinigungen bei der Verarbeitung

104. Die Gesuchstellerin sieht vor, gentechnisch verändertes Pflanzenmaterial in doppelwandigen Gefässen bzw. Säcken zu transportieren. Die Behälter, die gentechnisch verändertes Material enthalten bzw. enthalten können, werden zudem entsprechend gekennzeichnet. Das BAFU erachtet diese Massnahmen als ausreichend.

Beurteilung der Einhaltung des Stufenprinzips

105. Aus risikoethischer Sicht sind gentechnisch veränderte Pflanzen schrittweise in die Umwelt freizusetzen, vom geschlossenen System des Labors über Freisetzungsversuche bis hin zur kommerziellen Freisetzung. Dabei darf jeder Schritt erst dann gegangen werden, wenn man aufgrund der aus dem vorangehenden Schritt gewonnenen Daten über genügend Wissen für eine adäquate Risikobeurteilung des nächsten Schrittes verfügt (EKAH 2012).

106. Die freizusetzenden Gerstenlinien BG9, GLP8 und GLP11 sowie die jeweiligen Schwesternlinien wurden bereits im Gewächshaus und unter feldähnlichen Bedingungen in einer Vegetationshalle mit und ohne Befall durch Zwergrost und Mehltau untersucht (Gesuch B18004, Teil C.1). Während dieser Untersuchungen hat keine der für den Freisetzungsversuch vorgesehenen Linien unerwartete Eigenschaften gezeigt, die über die absichtlich eingeführte Eigenschaft oder pleiotrope Effekte, die für diese Art von Linien zu erwarten sind bzw. auch in der Schwesternlinie auftreten, hinausgehen. Daher erachtet das BAFU das Stufenprinzip als eingehalten.

Beurteilung der Achtung der Würde der Kreatur

107. Bei Tieren und Pflanzen darf durch gentechnische Veränderungen des Erbmateri als die Würde der Kreatur nach Artikel 8 Absatz 1 GTG nicht missachtet werden. Diese wird namentlich dann missachtet, wenn artspezifische Eigenschaften, Funktionen und Lebensweisen erheblich beeinträchtigt werden und dies nicht durch überwiegende schutzwürdige Interessen gerechtfertigt ist (Art. 8 Abs. 1 Satz 2 GTG). Im Rahmen von Freisetzungsversuchen betrifft diese Abklärung im Grunde nicht den Freisetzungsversuch selbst, sondern die vorausgegangene gentechnische Veränderung des Tieres oder der Pflanze. Im Rahmen des Gesuchs um Bewilligung für die versuchsweise Freisetzung eines gentechnisch veränderten Tieres oder einer Pflanze ist deshalb lediglich zu belegen, dass bei der Transformation die Würde der Kreatur beachtet wurde. Nach Artikel 8 Absatz 1 Satz 3 GTG ist bei der Bewertung der Beeinträchtigung dem Unterschied zwischen Tieren und Pflanzen Rechnung zu tragen. Für Pflanzen ist eine Interessenabwägung im Einzelfall nur nötig, wenn vitale artspezifische Funktionen und Lebensweisen der Pflanzen betroffen sind. Dies wäre zum Beispiel der Fall, wenn durch die gentechnische Veränderung die Fortpflanzung oder das Wachstum der Pflanzen verhindert würde.

108. Die gentechnische Veränderung zielt auf eine Erhöhung der Resistenz von Gerste gegenüber Pilz-Pathogenen ab. Zu diesem Zweck soll der ABA-Transporter Lr34 aus Weizen exprimiert werden. Der Würde der Kreatur wird Rechnung getragen, insbesondere da keine vitalen artspezifischen Funktionen bzw. die Lebensweise der Gerstenpflanzen verändert wurden.

Ergebnis der Prüfung

109. Unter Berücksichtigung der angeordneten Auflagen und Bedingungen entspricht der Freisetzungsversuch den gesetzlichen Bestimmungen. Somit lässt das BAFU den Freisetzungsversuch mit Zustimmung des BAG, BLV und BLW mit den angeordneten Auflagen und Bedingungen zu.

2.2.4 Gebühren

110. Nach Artikel 25 GTG setzt der Bundesrat die Gebühren für den Vollzug durch die Bundesbehörden fest. Der Bundesrat hat am 3. Juni 2005 die Verordnung über die Gebühren des Bundesamtes für Umwelt (SR 814.014; GebV-BAFU) erlassen. Die Verordnung regelt die Gebühren für Verfügungen und Dienstleistungen des BAFU (Art. 1 Abs. 1 Bst. a GebV-BAFU). Gemäss Ziffer 3 Buchstabe a des Anhangs der GebV-BAFU beträgt die Gebühr für Bewilligungen von Freisetzungsversuchen zwischen CHF 1000.-- und CHF 20'000.--. Sie wird nach Aufwand bemessen (Art. 4 Abs. 1 Bst. b GebV-BAFU).

111. Die Beurteilung des Gesuches hat insgesamt 22 Arbeitsstunden beansprucht. Nach dem in Artikel 4 Absatz 2 GebV-BAFU vorgesehenen Stundenansatz von CHF 140.-- belaufen sich die Gebühren somit total auf CHF 3080.

C. ENTSCHEID

Aufgrund dieser Erwägungen und unter Berücksichtigung der eingegangenen Stellungnahmen wird gestützt auf Artikel 11 Absatz 1 des GTG in Verbindung mit Artikel 17 Buchstabe a FrSV

verfügt:

1. Das Gesuch der Universität Zürich, Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie, vom 18. Dezember 2018 um Bewilligung eines Freisetzungsversuchs mit gentechnisch veränderter Gerste in Zürich, Standort ART Reckenholz, **wird mit folgenden Auflagen und Bedingungen für den beantragten Zeitraum von 2019 bis 2023 bewilligt:**
 - a. Es wird eine Begleitgruppe eingesetzt, bestehend aus einem Vertreter des BAFU, einem Experten auf dem Gebiet der Agronomie, einem Vertreter des Standortkantons und einem Vertreter der Standortgemeinde. Die Kosten der Begleitgruppe gehen zulasten der Gesuchstellerin. Die Begleitgruppe überwacht den Versuch, erstattet dem BAFU Bericht und beantragt gegebenenfalls Massnahmen. Sie hat keine Verfügungsbefugnis.
 - b. Die Gesuchstellerin nennt der Begleitgruppe alle am Versuch beteiligten Personen und stellt ihr die für die Überwachung des Freisetzungsversuchs notwendigen Unterlagen und Materialien zur Verfügung. Insbesondere informiert sie die Begleitgruppe laufend über neue Erkenntnisse zu den gentechnisch veränderten Gerstenpflanzen und über den Versuchsverlauf. Sie gewährt der Begleitgruppe den Zutritt zu allen Räumen und Versuchsflächen, die im Zusammenhang mit dem Freisetzungsversuch verwendet werden. Die Zusammensetzung und der genaue Auftrag der Begleitgruppe werden der Gesuchstellerin vor Versuchsbeginn zugestellt.
 - c. Vor Versuchsbeginn führt die Gesuchstellerin folgende Massnahmen durch:
 - aa. sie weist das am Versuch beteiligte Personal ein und stellt mit der Unterschrift aller am Versuch beteiligten Personen sicher, dass diese die Auflagen verstanden haben und die zu treffenden Sicherheitsmassnahmen kennen und befolgen.
 - d. Während des Versuches führt die Gesuchstellerin folgende Massnahmen durch:
 - aa. sie stellt sicher, dass in den Jahren 2019 bis und mit 2023 im Umkreis von 60 m ab der in Teil C, Ziffer 1.d.gg verfügten, 2.6 m breiten Mantelsaat kein Anbau von Gerste oder Triticum erfolgt;
 - bb. sie stellt sicher, dass in den Jahren 2019 bis und mit 2023 im Umkreis von 60 m ab der in Teil C, Ziffer 1.d.gg verfügten, 2.6 m breiten Mantelsaat kein Saatgut von Gerste produziert wird; dabei darf in diesem Umkreis Erntegut der genannten Pflanze weder als Basisaatgut, als zertifiziertes Saatgut noch als Vermehrungsmaterial für den Wiederanbau im eigenen Betrieb verwendet werden;
 - cc. sollen innerhalb von 50 m Distanz zum Versuchsfeld Kulturen von Pflanzen, die nicht mit Gerste kreuzbar sind, jedoch mit Gerste verunreinigt sein könnten, angebaut und in Verkehr gebracht werden (z.B. Verkauf als Futtermittel), so stellt die Gesuchstellerin durch geeignete Massnahmen sicher, dass diese Kulturen nachweislich nicht mit Gerste verunreinigt sind, da diese Verunreinigungen mit GVO-Gerste aus den Versuchsflächen auskreuzen könnten. Die festgelegten Massnahmen sind dem BAFU mitzuteilen.
 - dd. sie untersucht in den Jahren 2019 bis und mit 2023 die Umgebung der Versuchsfläche im Umkreis von 12 m nach Pflanzen von Gerste und entfernt diese gegebenenfalls spätestens vor der Ausbildung von potentiell keimfähigen Körnern in diesen Pflanzen;
 - ee. sie untersucht in den Jahren 2019 bis und mit 2023 die Umgebung der Versuchsfläche im Umkreis von 12 m nach dem Vorkommen von wilden Hordeum-Arten und entfernt diese gegebenenfalls spätestens vor der Ausbildung von potentiell keimfähigen Körnern in diesen Pflanzen;

- ff. sie umgibt die Versuchsfläche spätestens vor der Aussaat mit einem Maschendrahtzaun von mindestens 1.50 m Höhe (alternativ Maschendrahtzaun von 1.20 m Höhe und Spanndraht auf der Höhe von 1.50 m) und einer Maschengrösse von 5 cm;
- gg. sie umgibt die gentechnisch veränderten Pflanzen mit einer Mantelsaat aus nicht transgener Gerste von mindestens 2.6 m Breite, die nach der Blüte der transgenen Pflanzen auf 1.3 m Breite reduziert werden kann;
- hh. sie macht Passanten durch Informationsschilder darauf aufmerksam, dass das Betreten der Versuchsfläche durch unberechtigte Personen verboten ist;
- ii. sie überdeckt die Versuchsfläche während der Keimung und der Samenreife mit einem Vogelnetz oder alternativ mit einem Vlies so, dass Vögel keine Samen verschleppen können, wobei die Mantelsaat nicht abgedeckt werden muss;
- jj. sie stellt sicher, dass keine Pflanzen der Versuchsfläche einschliesslich der Mantelsaat oder deren Samen in Verkehr oder in die Nahrungskette gelangen können;
- kk. sie hat bei der Entsorgung von vermehrungsfähigem gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial, welches nicht mehr zu Versuchszwecken gebraucht wird, doppelwandige Gefässe zu verwenden. Falls nicht vermehrungsfähiges Material vom Feld abgeführt wird, ist es in einem geschlossenen Wagen zu transportieren;
- ll. nicht vermehrungsfähiges Material (Stroh, Stoppeln und Wurzeln) von gentechnisch veränderten Versuchspflanzen kann auf dem Feld gelassen werden; nach der Ernte bearbeitet sie die Versuchsflächen so, dass unter Umständen verloren gegangene Samen gut keimen können;
- mm. nach jeder Vegetationsperiode überwacht sie die Versuchsfläche und deren Umgebung im Umkreis von 12 m sowie eine allfällige erweiterte Mantelsaat nach auflaufenden Gerstenpflanzen und bekämpft allfälligen Durchwuchs; in der Zeitspanne nach jeder Vegetationsperiode und vor der Blüte der Versuchspflanzen der nachfolgenden Vegetationsperiode sucht sie die Transportwege auf dem Gelände der Forschungsanstalt nach auflaufenden Gerstenpflanzen mindestens einmal ab;
- nn. sie sorgt dafür, dass die Versuchsflächen so aufgezeichnet werden, dass ihre genaue Lage während des gesamten Versuchszeitraums inklusive Nachbeobachtungszeit rekonstruiert werden kann;
- oo. sie sorgt dafür, dass sämtliche Arbeitsgeräte und -maschinen nach Gebrauch nach dem Stand der Technik sorgfältig gereinigt werden; Saatmaschinen sind auf dem Feld sachgerecht nach dem Stand der Technik zu säubern und wenn möglich anschliessend durch Demontage in der Werkstatt zu reinigen;
- pp. sie besucht regelmässig die Versuchsfläche und kontrolliert den Versuch auf Unregelmässigkeiten; sie informiert umgehend die Begleitgruppe, wenn solche auftreten;
- qq. sie übermittelt neue Erkenntnisse im Zusammenhang mit den transgenen Gerstenlinien, welche die Risiken für Mensch und Umwelt betreffen, unverzüglich an das BAFU;
- rr. sie führt ein Logbuch, in dem alle Tätigkeiten betreffend Freisetzungsversuch vermerkt werden, und hält die Begleitgruppe während der gesamten Dauer des Versuches auf dem Laufenden;
- ss. sie informiert das BAFU und die Begleitgruppe nach jeder Vegetationsperiode über den Verlauf und die Ergebnisse der Freisetzung mit einem Zwischenbericht; der Zwischenbericht hat insbesondere auf die Ergebnisse der Biosicherheitsversuche und auf die Überprüfung der Sicherheitsmassnahmen einzugehen; der Zwischenbericht muss jeweils bis 31. Dezember desselben Jahres vorliegen.
- e. Die Gesuchstellerin übermittelt dem BAFU bis spätestens 31. Dezember des jeweiligen Vorjahres eine Versuchsanordnung für die Versuchsjahre 2020 bis und mit 2023, aus der insbesondere die Grösse der Versuchsflächen hervorgeht.
- f. Im Falle eines ausserordentlichen Ereignisses führt die Gesuchstellerin folgende Massnahmen durch:

- aa. sie meldet ausserordentliche Ereignisse, wie Stürme oder Unwetter, die ein unerwartet weitreichendes Entweichen von Pollen nach sich ziehen könnten, oder wie unangemeldete Demonstrationen oder Sabotageakte (z.B. Betreten des Versuchsgeländes, Entwendung von Pflanzen, Zerstörung des Feldes etc.) unverzüglich gemäss Telefonliste des Notfallplans;
 - bb. sie ergreift bei einem ausserordentlichen Ereignis die im Notfallplan vorgesehenen Massnahmen, soweit sie dazu in der Lage ist, andernfalls wird die Vollzugsbehörde die erforderlichen Massnahmen veranlassen; innerhalb von zwei Wochen müssen die von einem ausserordentlichen Ereignis betroffenen Flächen geprüft und allenfalls geräumt, kontaminierte Geräte nach dem Stand der Technik sorgfältig gereinigt sowie kontaminiertes Pflanzenmaterial und kontaminierte Erde sachgerecht in einer Abfallverbrennungsanlage vernichtet werden, soweit diese nicht für weitere Untersuchungen im geschlossenen System benötigt werden;
 - cc. sie sorgt dafür, dass nach Eintritt eines ausserordentlichen Ereignisses, welches eine Abschwemmung von Samen vor der Keimung oder Keimlingen zur Folge hat, die umliegende Fläche, die davon betroffen ist, auf geeignete Weise behandelt wird.
 - g. Nach Abschluss des Freisetzungsversuches führt die Gesuchstellerin zudem folgende Massnahmen durch:
 - aa. sie beobachtet bis Sommer 2025 die Versuchsflächen, die Umgebung im Abstand von 12 m sowie die Transportwege auf dem Gelände der Forschungsanstalt nach keimenden Gerstenpflanzen; werden Durchwuchspflanzen entdeckt, sind diese sachgerecht zu entsorgen und ist die Überwachung jeweils auf das darauf folgende Jahr auszudehnen; die Gesuchstellerin teilt die Ergebnisse der Analyse und der Überwachung der Begleitgruppe schriftlich mit. Falls in den ersten zwei Jahren nach Versuchsende keine Durchwuchspflanzen mehr auftreten, kann die Überwachungsperiode per Ende Sommer 2025 beendet werden, ansonsten ist sie entsprechend zu verlängern;
 - bb. sie erstellt bis 31. Dezember 2023 einen Abschlussbericht zu Händen der Begleitgruppe, der:
 - Auskunft gibt über den tatsächlichen Ablauf des Freisetzungsversuchs, die wichtigsten daraus gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse und über die Einwirkungen auf Mensch und Umwelt; insbesondere hat der Bericht auf den Beitrag zur Biosicherheitsforschung einzugehen;
 - die Wirksamkeit der Sicherheitsmassnahmen (einzeln und in Kombination) bewertet. Insbesondere ist das Verhältnis des Aufwandes für die verschiedenen Sicherheitsmassnahmen (Zaun, Isolationsabstände, Mantelsaat, usw.) und die damit gewonnene Sicherheit abzuschätzen.
2. Die Gebühren werden festgesetzt auf CHF 3'080. Sie gehen zu Lasten der Gesuchstellerin. Die Rechnungstellung erfolgt durch das BAFU.
3. Gegen diese Verfügung kann beim Bundesverwaltungsgericht, Postfach, 9023 St. Gallen, Beschwerde erhoben werden. Die Beschwerde ist innerhalb von 30 Tagen nach Eröffnung der Verfügung einzureichen; die Frist beginnt am Tag nach der Eröffnung der Verfügung zu laufen.
- Die Beschwerdeschrift ist im Doppel einzureichen. Sie hat die Begehren, deren Begründung mit Angabe der Beweismittel und die Unterschrift der Beschwerdeführerin bzw. des Beschwerdeführers oder seiner Vertreterin bzw. seines Vertreters zu enthalten. Die angefochtene Verfügung und die als Beweismittel angerufenen Urkunden sind der Beschwerde beizulegen, soweit der Beschwerdeführer bzw. die Beschwerdeführerin sie in Händen hält.
- Die Verfügung und die Entscheidungsunterlagen können innerhalb der Beschwerdefrist beim BAFU, Abt. Boden und Biotechnologie, Worblentalstrasse 68, 3063 Ittigen, zu den üblichen Bürozeiten eingesehen werden. Um telefonische Voranmeldung unter der Nummer 058 462 93 49 wird gebeten.
4. Der Entscheid wird eingeschrieben eröffnet:
- der Gesuchstellerin,
 - der Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), EFBS/Fachstelle für Biologische Sicherheit,
- und öffentlich zugänglich gemacht (Art. 38 Abs. 3 FrSV).

5. Mitteilung elektronisch zur Kenntnis an:

- Bundesamt für Gesundheit
- Bundesamt für Landwirtschaft
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
- Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich
- Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit
- Staatssekretariat für Wirtschaft, Eidgenössische Arbeitsinspektion Ost
- Schweiz. Unfallversicherungsanstalt
- Gemeinde Zürich

Freundliche Grüsse

Bundesamt für Umwelt BAFU


Marc Chardonens
Direktor

3 Literaturverzeichnis

- Abdel-Aziz Hagrass, Adel; Kishii, Masahiro; Tanaka, Hiroyuki; Sato, Kazuhiro; Tsujimoto, Hisashi (2005): Genomic differentiation of *Hordeum chilense* from *H. vulgare* as revealed by repetitive and EST sequences. In: *Genes & Genetic Systems* (80), S. 147–159.
- Abdel-Ghani, Adel H.; Parzies, Heiko K.; Omary, Ayed; Geiger, Hartwig H. (2004): Estimating the outcrossing rate of barley landraces and wild barley populations collected from ecologically different regions of Jordan. In: *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik* 109 (3), S. 588–595. DOI: 10.1007/s00122-004-1657-1.
- Agroscope (2018): Richtlinie für Feldbesichtigungen in der Saatgutertifizierung - Saatgutrechtliche Grundlagen, Anleitungen und Normen verschiedener Kulturpflanzen. In: *Dienst für Saat- und Pflanzgut (SSP)* (Version 4).
- Andersson, Meike S.; Vicente, M. Carmen de (2010): Gene Flow between Crops and Their Wild Relatives. Barley (*Hordeum vulgare* L.). In: *Baltimore: JHU press*.
- Boni, Rainer; Chauhan, Harsh; Hensel, Goetz; Roulin, Anne; Sucher, Justine; Kumlehn, Jochen et al. (2018): Pathogen-inducible Ta-Lr34res expression in heterologous barley confers disease resistance without negative pleiotropic effects. In: *Plant biotechnology journal* 16 (1), S. 245–253. DOI: 10.1111/pbi.12765.
- Bothmer, Roland von; Flink, Jan; Jacobsen, Niels.; Kotimaki, Maija; Landström, Tomas (1983): Interspecific hybridization with cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.). In: *Hereditas* (99), S. 219–244.
- Bothmer, Roland von; Jacobsen, Niels.; Baden, Claus.; Jørgensen, Rikke B.; Linde-Laursen, Ib (1995): An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. 2nd edition. In: *International Plant Genetic Resources Institute*. Online verfügbar unter https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/271/begin.htm#Contents, zuletzt geprüft am 09.05.2019.
- Boursiac, Yann; Lérant, Sophie; Corratgé-Faillie, Claire; Gojon, Alain; Krouk, Gabriel; Lacombe, Benoît (2013): ABA transport and transporters. In: *Trends in plant science* (18), S. 325–333.
- Bundesamt für Statistik (2018): Getreideproduktion, Entwicklung. Online verfügbar unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/produktion-finanzielle-aspekte.assetdetail.6369501.html>, zuletzt geprüft am 18.02.2019.
- BVL (2012): Leitfaden für die Beantragung und Durchführung der Freisetzung gentechnisch veränderter höherer Pflanzen. In: *Deutsches Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*.
- Chauhan, Harsh; Boni, Rainer; Bucher, Rahel; Kuhn, Benjamin; Buchmann, Gabriele; Sucher, Justine et al. (2015): The wheat resistance gene Lr34 results in the constitutive induction of multiple defense pathways in transgenic barley. In: *The Plant journal : for cell and molecular biology* 84 (1), S. 202–215. DOI: 10.1111/tpj.13001.
- Denancé, Nicolas; Sánchez-Vallet, Andrea; Goffner, Deborah; Molina, Antonio (2013): Disease resistance or growth: the role of plant hormones in balancing immune responses and fitness costs. In: *Frontiers in plant science* 4, S. 155. DOI: 10.3389/fpls.2013.00155.
- Eastham, Katie; Sweet, Jeremy (2002): Genetically modified organisms (GMOs). The significance of gene flow through pollen transfer a review and interpretation of published literature and recent current research from the ESF 'Assessing the Impact of GM Plants' (ASIGM) programme for the European Science Foundation and the European Environmental Agency authors, Katie Eastham and Jeremy Sweet. Copenhagen Denmark: European Environment Agency (Environmental issue report, No.28).
- EFSA (2004): Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on the use of antibiotic resistance genes as marker genes in genetically modified plants. In: *The EFSA Journal* (48), S. 1–18.

- EFSA (2012): Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed through cisgenesis and intragenesis. In: *EFSA Journal* 10 (2), S. 2561. DOI: 10.2903/j.efsa.2012.2561.
- EKAH (2012): Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen – ethische Anforderungen. Bericht der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH). In: *Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik* 17 (1). DOI: 10.1515/jfwe.2012.17.1.245.
- European Commission (2019): Deliberate Release and Placing on the EU Market of GMOs - GMO Register. In: *European Commission, Joint Research Center*. Online verfügbar unter http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/gmp_browse.aspx, zuletzt geprüft am 10.04.2019.
- Foetzki, Andrea; Quijano, Carolina Diaz; Moullet, Odile; Fammartino, Alessandro; Kneubuehler, Yvan; Mascher, Fabio et al. (2012): Surveying of pollen-mediated crop-to-crop gene flow from a wheat field trial as a biosafety measure. In: *GM crops & food* 3 (2), S. 115–122. DOI: 10.4161/gmcr.19512.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (2019): FAOSTAT Crops. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, zuletzt geprüft am 27.02.2019.
- Gatford, Keith T.; Basri, Zainuddin; Edlington, Jane; Lloyd, Julia; Qureshi, Javed A.; Brettell, Richard; Fincher, Geoffrey B. (2006): Gene flow from transgenic wheat and barley under field conditions. In: *Euphytica* 151 (3), S. 383–391. DOI: 10.1007/s10681-006-9160-1.
- Gay, Philippe (2001): The biosafety of antibiotic resistance markers in plant transformation and the dissemination of genes through horizontal gene flow. In: *In Safety of Genetically Engineered Crops (Custers, R., ed.)*. Zwijnaarde, Belgium: Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology, S. 135–159.
- Hanselmann, Kurt (2002): Horizontaler Gentransfer in Prokaryoten - Evolutionsökologische Implikationen für die Biosicherheitsforschung. In: *Perspektiven der Biosicherheit*, Bern.
- Hoisington, David; Khairallah, Mireille; Reeves, Timothy; Ribaut, Jean-Marcel; Skovmand, Bent; Taba, Suketoshi; Warburton, Marilyn (1999): Plant genetic resources: What can they contribute toward increased crop productivity? In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (96), S. 5937–5943.
- Infoflora (2019): Hordeum spp. Online verfügbar unter <https://www.infoflora.ch/de/flora/hordeum.html>, zuletzt geprüft am 08.05.2019.
- Jakob, Sabine S.; Rödder, Dennis; Engler, Jan O.; Shaaf, Salar; Özkan, Hakan; Blattner et al. (2014): Evolutionary History of Wild Barley (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) Analyzed Using Multilocus Sequence Data and Paleodistribution Modeling. In: *Genome Biology and Evolution* (6), S. 685–702.
- Jasinski, Michal; Ducos, Eric; Martinoia, Enrico; Boutry, Marc (2003): The ATP-binding cassette transporters: structure, function, and gene family comparison between rice and Arabidopsis. In: *Plant physiology* 131 (3), S. 1169–1177. DOI: 10.1104/pp.102.014720.
- Kim, Sung Eun; Moon, Jae Sun; Kim, Jung Kyu; Yoo, Ran Hee; Choi, Won Sik; Lee, Eun Na et al. (2010): Monitoring of possible horizontal gene transfer from transgenic potatoes to soil microorganisms in the potato fields and the emergence of variants in *Phytophthora infestans*. In: *Journal of Microbiology and Biotechnology* 20 (6), S. 1027–1031.
- Koba, T.; Handa, T.; Shimada, T. (1991): Efficient production of wheat-barley hybrids and preferential elimination of barley chromosomes. In: *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik* 81 (3), S. 285–292. DOI: 10.1007/BF00228665.
- Kogel, Karl-Heinz; Voll, Lars M.; Schäfer, Patrick; Jansen, Carin; Wu, Yongchun; Langen, Gregor et al. (2010): Transcriptome and metabolome profiling of field-grown transgenic barley lack induced differences but show cultivar-specific variances. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (14), S. 6198–6203. DOI: 10.1073/pnas.1001945107.
- Koskella, J.; Stotzky, G. (1997): Microbial Utilization of Free and Clay-Bound Insecticidal Toxins from *Bacillus thuringiensis* and Their Retention of Insecticidal Activity after Incubation with Microbes. In: *Applied and environmental microbiology*, S. 3561–3568.

- Krattinger, Simon G.; Kang, Joohyun; Bräunlich, Stephanie; Boni, Rainer; Chauhan, Harsh; Selter, Liselotte L. et al. (2019): Absciscic acid is a substrate of the ABC transporter encoded by the durable wheat disease resistance gene Lr34. In: *The New phytologist*. DOI: 10.1111/nph.15815.
- Krattinger, Simon G.; Lagudah, Evans S.; Spielmeier, Wolfgang; Singh, Ravi P.; Huerta-Espino, Julio; McFadden, Helen et al. (2009): A Putative ABC Transporter Confers Durable Resistance to Multiple Fungal Pathogens in Wheat. In: *Science* 323 (5919), S. 1360–1363. DOI: 10.1126/science.1166453.
- Krattinger, Simon G.; Lagudah, Evans S.; Wicker, Thomas; Risk, Joanna M.; Ashton, Anthony R.; Selter, Liselotte L. et al. (2011): Lr34 multi-pathogen resistance ABC transporter: molecular analysis of homoeologous and orthologous genes in hexaploid wheat and other grass species. In: *The Plant journal : for cell and molecular biology* 65 (3), S. 392–403. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2010.04430.x.
- Krattinger, Simon G.; Sucher, Justine; Selter, Liselotte L.; Chauhan, Harsh; Zhou, Bo; Tang, Mingzhi et al. (2016): The wheat durable, multipathogen resistance gene Lr34 confers partial blast resistance in rice. In: *Plant biotechnology journal* 14 (5), S. 1261–1268. DOI: 10.1111/pbi.12491.
- Li, Wenrao; Ollas, Carlos de; Dodd, Ian C. (2018): Long-distance ABA transport can mediate distal tissue responses by affecting local ABA concentrations. In: *Journal of integrative plant biology* 60 (1), S. 16–33. DOI: 10.1111/jipb.12605.
- Lu, Y.; Xu, W.; Kang, A.; Luo, Y.; Guo, F.; Yang, R. et al. (2007): Prokaryotic expression and allergenicity assessment of hygromycin B phosphotransferase protein derived from genetically modified plants. In: *Journal of food science* 72 (7), M228–32. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00437.x.
- Martin, A.; Alvarez, J. B.; Martin, L.M.; Barro, F.; Ballesteros, J. (1999): The Development of Triticum: A Novel Cereal for Food Processing. In: *Journal of Cereal Science* (30), S. 85–95.
- Martin, A.; Sanchez-Monge Laguna, E. (1982): Cytology and morphology of the amphiploid Hordeum chilense x Triticum turgidum conv. durum. In: *Euphytica* (31), S. 261–267.
- Miedaner, Thomas (2014): Kulturpflanzen. Botanik - Geschichte - Perspektiven. In: *Springer Spektrum*.
- Mujeeb-Kazi, A.; Rodriguez, R. (1983): Meiotic instability in Hordeum vulgare X Triticum aestivum hybrids. In: *The Journal of Heredity* (74), S. 292–296.
- Nair, Sudha K.; Wang, Ning; Turuspekov, Yerlan; Pourkheirandish, Mohammad; Sinsuwongwat, Suphawut; Chen, Guoxiong et al. (2010): Cleistogamous flowering in barley arises from the suppression of microRNA-guided HvAP2 mRNA cleavage. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (1), S. 490–495. DOI: 10.1073/pnas.0909097107.
- Oberthur, Laura; Blake, Thomas K.; Dyer, William E.; Ullrich, Steven E. (1995): Genetic Analysis of Seed Dormancy in Barley (Hordeum vulgare L.). In: *Journal of Agricultural Genomics* (1).
- Oerke, E.-C.; Dehne, H.-W. (2004): Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. In: *Crop Protection* 23 (4), S. 275–285. DOI: 10.1016/j.cropro.2003.10.001.
- OGTR (2017): The Biology of Hordeum vulgare L. (barley). In: *Australian Government, Department of Health*.
- Parzies, H. K.; Spoor, W.; Ennos, R. A. (2000): Outcrossing rates of barley landraces from Syria. In: *Plant Breeding* (119), S. 520–522.
- Parzies, Heiko K.; Schnaithmann, Florian; Geiger, Hartwig H. (2005): Pollen viability of Hordeum spp genotypes with different flowering characteristics. In: *Euphytica* 145 (3), S. 229–235. DOI: 10.1007/s10681-005-1167-5.
- Petersen, William; Umbeck, Paul; Hokanson, Karen; Halsey, Mark (2005): Biosafety considerations for selectable and scorable markers used in cassava (Manihot esculenta Crantz) biotechnology. In: *Environ. Biosafety Res.* 4 (2), S. 89–102. DOI: 10.1051/eb:2005016.
- Pickering, R.; Johnston, P. A. (2005): Recent progress in barley improvement using wild species of Hordeum. In: *Cytogenetic and genome research* 109 (1-3), S. 344–349. DOI: 10.1159/000082418.

- Rieben, Silvan; Kalinina, Olena; Schmid, Bernhard; Zeller, Simon L. (2011): Gene flow in genetically modified wheat. In: *PLoS one* 6 (12), e29730. DOI: 10.1371/journal.pone.0029730.
- Risk, Joanna M.; Selter, Liselotte L.; Chauhan, Harsh; Krattinger, Simon G.; Kumlehn, Jochen; Hensel, Goetz et al. (2013): The wheat Lr34 gene provides resistance against multiple fungal pathogens in barley. In: *Plant biotechnology journal* 11 (7), S. 847–854. DOI: 10.1111/pbi.12077.
- Ritala, A.; Nuutila, A. M.; Aikasalo, R.; Kauppinen, V.; Tammisola, J. (2002): Measuring Gene Flow in the Cultivation of Transgenic Barley. In: *Crop Science* 42 (1), S. 278. DOI: 10.2135/cropsci2002.0278.
- Sato, Kazuhiro; Yamane, Miki; Yamaji, Nami; Kanamori, Hiroyuki; Tagiri, Akemi; Schwerdt, Julian G. et al. (2016): Alanine aminotransferase controls seed dormancy in barley. In: *Nature communications* 7, S. 11625. DOI: 10.1038/ncomms11625.
- Savova Bianchi, D.; Keller Senften, J.; Felber, F. (2002): Isozyme variation of *Hordeum murinum* in Switzerland and test of hybridization with cultivated barley. In: *Weed Research* (42), S. 325–333.
- Schlüter, Kirsten; Potrykus, Ingo (1996): Horizontaler Gentransfer von transgenen Pflanzen zu Mikroorganismen (Bakterien und Pilzen) und seine ökologische Relevanz. In: *Schulte E & Käppeli O (eds.), Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen – eine Option für die Landwirtschaft?, Schwerpunktprogramm Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds, Bern.*
- Sucher, Justine; Boni, Rainer; Yang, Ping; Rogowsky, Peter; Büchner, Heike; Kastner, Christine et al. (2017): The durable wheat disease resistance gene Lr34 confers common rust and northern corn leaf blight resistance in maize. In: *Plant biotechnology journal* 15 (4), S. 489–496. DOI: 10.1111/pbi.12647.
- Swissmedic (2019): Erweiterte Arznei- und Tierarzneimittelliste. Online verfügbar unter https://www.swissmedic.ch/swissmedic/de/home/services/listen_neu.html, zuletzt geprüft am 18.04.2019.
- Tapp, H.; Stotzky, G. (1995): Dot Blot Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for Monitoring the Fate of Insecticidal Toxins from *Bacillus thuringiensis* in Soil. In: *Applied and environmental microbiology*, S. 602–609.
- Ton, Jurriaan; Flors, Victor; Mauch-Mani, Brigitte (2009): The multifaceted role of ABA in disease resistance. In: *Trends in plant science* 14 (6), S. 310–317. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.03.006.
- van den Eede, G.; Aarts, H.; Buhk, H-J; Corthier, G.; Flint, H. J.; Hammes, W. et al. (2004): The relevance of gene transfer to the safety of food and feed derived from genetically modified (GM) plants. In: *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 42 (7), S. 1127–1156. DOI: 10.1016/j.fct.2004.02.001.
- Wagner, D. B.; Allard, R. W. (1991): Pollen Migration in Predominantly Self- Fertilizing Plants: Barley. In: *The Journal of Heredity* (82), S. 302–304.
- Wögerbauer, Markus (2007): Risk assessment of antibiotic resistance marker genes in genetically modified organisms. A comprehensive report. Wien: BMGFJ (Forschungsberichte der Sektion IV / Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend, Sektion IV, 2007,5).
- Zhuo, Qin; Piao, Jian-Hua; Tian, Yuan; XU, Jie; Yang, Xiao-Guang (2009): Large-scale Purification and Acute Toxicity of Hygromycin B Phosphotransferase. In: *Biomedical and Environmental Sciences* 22 (1), S. 22–27. DOI: 10.1016/S0895-3988(09)60017-9.
- Zimmermann, Grit; Bäumllein, Helmut; Mock, Hans-Peter; Himmelbach, Axel; Schweizer, Patrick (2006): The multigene family encoding germin-like proteins of barley. Regulation and function in Basal host resistance. In: *Plant physiology* 142 (1), S. 181–192. DOI: 10.1104/pp.106.083824.
- ZKBS (2008): Stellungnahme der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) zur Sicherheitsbewertung von Antibiotika-Resistenzgenen im Genom gentechnisch veränderter Pflanzen.