



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: R501-1058

Ihr Zeichen:

Unser Zeichen: GUB

Sachbearbeiter/in: GUB

Bern, 14. März 2019

Verfügung

vom 14. März 2019

betreffend das

Gesuch B18001 vom 23. Oktober 2018 um Bewilligung für die versuchsweise Freisetzung von gentechnisch veränderten Weizenlinien in Zürich durch das Institut für Pflanzenbiologie der Universität Zürich.

Inhalt

A. SACHVERHALT	2
B. ERWÄGUNGEN	3
1. Rechtliche Grundlagen	3
2. Beurteilung	5
2.1 Formelles	5
2.2 Materielles	5
C. ENTSCHEID	16
ANHANG 1 WEIZENLINIEN	20
ANHANG 2 LITERATURVERZEICHNIS	21

A. SACHVERHALT

1. Am 23. Oktober 2018 reichte die Gesuchstellerin ein Gesuch um eine Bewilligung für die versuchsweise Freisetzung von gentechnisch veränderten Weizenlinien ein. Die Versuche sollen über einen Zeitraum von fünf Jahren, vom Frühling 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 gesicherten Versuchsgelände stattfinden. Die Gesuchstellerin hat aufgrund der Ähnlichkeit des geplanten Versuchs mit dem bereits bewilligten, von 2014 bis 2018 durchgeführten Freisetzungsversuch B13001 ein vereinfachtes Verfahren beantragt.

2. Beim geplanten Versuch handelt es sich um eine Fortführung der Freisetzungsversuche der Universität Zürich B07002 (bewilligt am 3. September 2007), B07004 (bewilligt am 3. September 2007) und B13001 (bewilligt am 15. August 2013), welche die Erforschung der Funktion und des Nutzens von transgenem Weizen, der mit zusätzlichen Genen zur Resistenzsteigerung gegen den Echten Mehltau des Weizens (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*) versehen ist, unter Freilandbedingungen zum Ziel hatten. In die Sommerweizen-Sorte Bobwhite, die sich für Transformationen besonders eignet und in der Schweizer Landwirtschaft keine Verwendung findet (Weeks et al. 1993; Courvoisier et al. 2017), waren verschiedene Allele des Resistenzgens *Pm3* aus Weizen (*Pm3a* bis *g*) durch Beschuss von Pflanzenzellen mit Mikroprojektilen eingeführt worden. Mit Ausnahme von *Pm3b* waren alle verwendeten Allele mit einer Sequenz für das HA-Epitop-Tag versehen, welches für ein 9 Aminosäuren langes Peptid aus dem HA-Oberflächenprotein eines humanen Influenza Virus A kodiert und den Nachweis der eingeführten *Pm3*-Proteine in der Pflanze mithilfe von Antikörpern ermöglicht. In allen Linien wurde als Selektionsmarker das für Phosphomannose-Isomerase (PMI) kodierende *manA*-Gen aus *Escherichia coli* verwendet, so dass erfolgreich transformierte Pflanzen auf Nährmedium mit Mannose als Kohlenstoffquelle selektiert werden können. Die derart hergestellten Linien mit einzelnen *Pm3*-Genen wurden im Rahmen der bewilligten NFP59-Versuche B07001, B07002 und B07004 von 2008 bis 2010 erstmals freigesetzt. Im Versuch B13001 wurden von 2014 bis 2018 zusätzlich Weizenlinien mit verschiedenen Kombinationen («stacked genes», gestapelte Gene) der zuvor getesteten *Pm3*-Allele freigesetzt, die aus der klassischen Kreuzung von bereits freigesetzten Linien stammen. Im vorliegenden Gesuch wird die Bewilligung eines dreiteiligen Freisetzungsversuchs mit gentechnisch verändertem Weizen beantragt:

- Teil 1: Um den Einfluss verschiedener Allelkombinationen auf die Resistenz gegen Mehltau zu erforschen, sollen neue Linien mit bisher noch nicht freigesetzten Kombinationen von drei bis vier *Pm3*-Allelen sowie deren bereits im Versuch B13001 untersuchte Elternlinien untersucht werden.
- Teil 2: Weizenlinien mit dem Allel *Pm3d/e* sollen auf ihre Eigenschaften im Freiland untersucht und mit als Kontrolle dienenden Linien, die bereits im Versuch B13001 verwendet wurden, verglichen werden. Bei *Pm3d/e* handelt es sich um ein modifiziertes Allel von *Pm3d*, in dem vor dem Einführen in die Pflanzen mithilfe ortsspezifischer Mutagenese («site directed mutagenesis») ein einzelnes Basenpaar so verändert wurde, dass es an dieser Stelle der Sequenz von *Pm3e* entspricht.
- Teil 3: Weizenlinien, in die die Resistenzgene *Pm8* und *Pm17* sowie die Allele *Pm3b* und *Pm3CS* einzeln oder in Kombination eingeführt wurden, sollen untersucht werden. Dabei handelt es sich bei *Pm8* und *Pm17* um orthologe Gene von *Pm3*, die ursprünglich aus Roggen stammen, jedoch ebenfalls in vielen Weizensorten zu finden sind und für Proteine kodieren, deren Proteinsequenzen eine hohe Übereinstimmung mit derjenigen von *Pm3b* aufweisen. *Pm3CS* ist ein Allel, das in der Weizensorte «Chinese Spring» isoliert wurde und keine Resistenz gegen Mehltau verleiht. Das *Pm3b*-Allel der neuen Linie ist im Gegensatz zum in bisher freigesetzten Linien eingeführten *Pm3b*-Allel mit einem HA-Tag versehen.

In Teil 1 des Versuchs sollen nur Linien verwendet werden, die in vorangehenden Versuchen bereits freigesetzt wurden oder aus Kreuzungen bereits freigesetzter Linien stammen. Alle für die Teile 2 und 3 des geplanten Versuchs erstmals freizusetzenden Linien wurden gleichsam mittels Partikelbeschuss oder Kreuzungen erstellt und mit dem *manA*-Gen als Selektionsmarker versehen. Das *Pm3b*-Allel, das in Teil 3 des Versuchs verwendet werden soll, *Pm3d/e*, *Pm17* und *Pm3CS* verfügen über ein HA-Tag, wohingegen *Pm8* mit einem sogenannten myc-Tag markiert wurde, das für ein zehn Aminosäuren langes Peptid aus dem menschlichen Transkriptionsfaktor c-Myc kodiert und analog zum HA-Tag den Nachweis des eingeführten *Pm8*-Proteins in der Pflanze mithilfe von Antikörpern ermöglicht.

3. Ziel des beantragten Versuchs ist die Erforschung der Funktion von *Pm*-Resistenzgenen in Weizen sowie die Untersuchung der Mehltau-Resistenz von Linien mit verschiedenen *Pm*-Resistenzgenen und –genkombinationen unter Freilandbedingungen (für eine Übersicht über die freizusetzenden Linien, siehe Anhang 1). Zudem ist die Abklärung von Biosicherheitsaspekten der Freisetzung von transgenem Weizen mit zusätzlichen *Pm*-Resistenzgenen vorgesehen.

4. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat der Gesuchstellerin den Empfang des Gesuchs mit Schreiben vom 26. Oktober 2018 bestätigt und mit Verfügung vom 8. November 2018 die Vollständigkeit des Gesuchs einschliesslich der nachgelieferten Überarbeitungen festgestellt. Dabei hat das BAFU dem Antrag auf ein vereinfachtes Verfahren nach Art. 22 Abs. 1 Bst. a FrSV insbesondere aufgrund der Verwendung derselben Ausgangssorte und gentechnischen Methoden sowie der Ähnlichkeit der eingeführten Gene mit bereits freigesetzten Transgenen stattgegeben. Am 13. November 2018 wurde der Eingang des Gesuchs in Form eines Kurzbeschriebs im Bundesblatt (BBl 2018 6941) publiziert. Zeitgleich wurde das Dossier, das nach Angaben der Gesuchstellerin keine vertraulichen Angaben enthält, im BAFU und in der Gemeindeverwaltung der Stadt Zürich (Grün Stadt Zürich) bis und mit 13. Dezember 2018 für alle interessierten Personen zur Einsicht aufgelegt. Diejenigen, die im Verfahren Rechte als Partei wahrnehmen wollten, wurden aufgefordert, dies bis am 13. Dezember 2018 dem BAFU schriftlich, mit Angaben zur Parteistellung, mitzuteilen und zu begründen.
5. Während der Auflagefrist wurden keine Einsprachen gegen den Freisetzungsvorschlag und keine Stellungnahmen Dritter zum Gesuch eingereicht.
6. Am 13. November 2018 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) schriftlich zu.
7. Die EKAH und die EFBS haben je mit Schreiben vom 13. Dezember 2018, das BAG, das AWEL und das BLW je mit Schreiben vom 17. Dezember 2018 und das BLV mit Schreiben vom 21. Dezember 2018 zum Gesuch Stellung genommen.
8. Am 1. Februar 2019 hat die Gesuchstellerin eine detaillierte Versuchsplanung für das Versuchsjahr 2019, aus der insbesondere die Grösse der Versuchsflächen (Makroplots, Mikroplots) hervorgeht, sowie einen Saatplan für die Protected Site eingereicht. Das BAFU hat den unter Absatz 6 aufgeführten Fachstellen mit Schreiben vom 8. Februar 2019 die zusätzlichen Unterlagen zugestellt. Das BAG und das BLV haben sich je mit Schreiben vom 22. Februar 2019, die EFBS, die EKAH und das BLW mit Schreiben vom 25. Februar 2019 und das AWEL mit Schreiben vom 26. Februar 2019 dazu geäußert.

B. ERWÄGUNGEN

1. Rechtliche Grundlagen

9. Artikel 5 Absatz 2 des Bundesgesetzes über die Gentechnik im Ausserhumanbereich vom 21. März 2003 (Gentechnikgesetz, GTG; SR 814.91) definiert, was gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind; Anhang 1 der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt vom 10. September 2008 (Freisetzungsverordnung, FrSV; SR 814.911) definiert die gentechnischen Verfahren.
10. Nach Artikel 6 Absatz 1 GTG darf mit GVO nur so umgegangen werden, dass sie, ihre Stoffwechselprodukte oder ihre Abfälle den Menschen, die Tiere oder die Umwelt nicht gefährden können und die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung nicht beeinträchtigen. Nach Artikel 6 Absatz 2 GTG dürfen GVO 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 GVO 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).
11. Wer GVO, 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: Artikel 7 bis 11 FrSV bestimmen die Anforderungen an den Umgang mit GVO.
12. Nach Artikel 17 Buchstabe a FrSV benötigt eine Bewilligung des BAFU, wer GVO im Versuch freisetzen will. Eine Ausnahme von der Bewilligungspflicht gilt für den Fall, dass die GVO bereits für eine bestimmte direkte Verwendung in der Umwelt nach Artikel 25 FrSV bewilligt sind und mit dem Freisetzungsvorschlag weitere Erkenntnisse für dieselbe Verwendung angestrebt werden (Art. 18 Abs. 1 FrSV).

13. Artikel 19 FrSV hält die Anforderungen an das Bewilligungsgesuch für einen Freisetzungsvorhaben mit GVO fest. So muss das Gesuch alle erforderlichen Angaben enthalten, die belegen, dass durch den Freisetzungsvorhaben die Anforderungen nach den Artikeln 7–9 und 11 FrSV nicht verletzt werden können.

14. Das Verfahren ist in den Artikeln 36 bis 41 FrSV geregelt: 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. Die Stellungnahmen der Fachstellen stellt das BAFU den Parteien zur Stellungnahme und den Fachstellen wechselseitig zur Kenntnis zu (Art. 37 Abs. 3 FrSV).

15. Das BAFU bewilligt den Freisetzungsvorhaben nach Art. 38 FrSV unter Berücksichtigung der eingegangenen Stellungnahmen, wenn die Beurteilung des Gesuchs, insbesondere der Risikobewertung nach Anhang 4, ergibt, dass:

- nach dem Stand von Wissenschaft und Erfahrung der Freisetzungsvorhaben 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 Freisetzungsvorhaben zur Erforschung der Biosicherheit gentechnisch veränderter Organismen beiträgt,
- der Freisetzungsvorhaben 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 Freisetzungsvorhabens zustimmen (Art. 38 Abs. 1 Bst. a-d FrSV).

16. 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).

17. 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).

18. Das BAFU überwacht die Durchführung der Versuche gemäss Artikel 41 FrSV.

19. Nach Artikel 22 FrSV kann für Freisetzungsvorhaben mit gentechnisch veränderten Organismen ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren beantragt werden, wenn bereits ein Freisetzungsvorhaben 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.

2. Beurteilung

2.1 Formelles

2.1.1 Zuständigkeit

20. 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 Weizenlinien sind gentechnisch veränderte Organismen nach Artikel 5 Absatz 2 GTG, weshalb das BAFU die zuständige Behörde ist.

2.1.2 Einsprachen und Stellungnahmen Dritter.

21. Innerhalb der dreissigtägigen Frist sind weder Einsprachen noch Stellungnahmen Dritter eingegangen.

2.2 Materielles

2.2.1 Stellungnahmen der Fachstellen

2.2.1.1 Kommissionen und kantonale Fachstelle

Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS)

22. In ihrer Stellungnahme stellt die EFBS fest, die Biosicherheitsmassnahmen entsprächen denjenigen der bereits bewilligten Versuche, die sich in den letzten acht Jahren als sinnvoll und effektiv bewährt hätten. Aus Sicht der EFBS-Mitglieder stelle dieser Versuch keine neue Herausforderung punkto Sicherheit dar.

23. Die EFBS merkt jedoch an, dass die Informationen zu den verwendeten Weizenlinien sehr dürftig seien und es hilfreich wäre, in den Gesuchsunterlagen etwas konkretere Angaben zu finden statt nur den Verweis auf verschiedene Publikationen. Ausserdem hält die EFBS die Angaben zum Vorhandensein von *Aegilops cylindrica* am Versuchsort für nicht ganz korrekt. Konsultiere man die zitierte Webseite von Infoflora, sei im Raum Zürich das Vorkommen von *Ae. cylindrica* belegt. Da die geographischen Angaben mit einem Raster von 5x5 km² aber relativ ungenau seien, lasse sich anhand der Karte nicht feststellen, wo genau *Ae. cylindrica* gefunden worden sei. Aus Sicht der EFBS sei es eher unwahrscheinlich, dass der Fundort in der Nähe der Versuchsfläche sei. Dennoch sei es wichtig zu wissen, ob die Gesuchsteller bei Infoflora direkt nachgefragt und einen detaillierteren Datenauszug verlangt hätten, der sie schlussfolgern lasse, dass *Ae. cylindrica* im Gebiet des Versuchsstandorts nicht belegt sei.

24. Die EFBS kommt zum Schluss, dass der geplante Freisetzungsversuch ein äusserst geringes Risiko für Mensch, Tier und Umwelt darstelle. Sie stimmt der Versuchsdurchführung zu, wäre aber interessiert, betreffend Vorkommen bzw. Abwesenheit von *Ae. cylindrica* am Versuchsstandort mehr zu erfahren. Zudem ist die EFBS mit dem Versuchsplan für 2019 einverstanden und hat keine Bemerkungen dazu.

Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH)

25. Zur Zielsetzung des geplanten Versuchs merkt die EKAH in ihrer Stellungnahme an, das rechtlich vorgeschriebene schrittweise Vorgehen diene nicht der Untersuchung der Funktionsweise der GV-Pflanze, sondern der Biosicherheit und dazu, für die Beurteilung der Risiken eines nächsten Schrittes notwendige Risikodaten zu generieren. Würden diese Daten fehlen, sei eine angemessene Risikobeurteilung nicht möglich, das heisst es könne keine verlässliche Aussage zum Risiko gemacht werden. Es reiche deshalb nicht, die Diskrepanzen der Wirksamkeit zwischen Gewächshaus und Freiland festzustellen, wie es die Gesuchstellerin vorhabe, sondern es müssten nach Ansicht der EKAH mindestens wissenschaftliche Thesen entwickelt werden, was zu den von den Gesuchstellern festgestellten unerwarteten Effekten im Freiland geführt habe. Die EKAH stellt in Frage, von welchen

«nicht simulierbaren Wirkungen der natürlichen Umwelt» die Gesuchstellerin ausgehe, wie sie diese Wirkungen auf die gentechnisch veränderten Pflanzen untersuchen wollten, wenn sie dazu keine wissenschaftlichen Thesen formulierten und wie Gesuchstellerin und Bewilligungsbehörden die damit verbundenen möglichen Schadensszenarien und deren Eintrittswahrscheinlichkeit beurteilen wollten.

26. Auch hält die EKAH zur Zielsetzung fest, die Gesuchstellerin nenne die erwarteten neuen wissenschaftlichen Ergebnisse zur Stabilität der transgenen Resistenzgene und Kombinationen als Beitrag zur Biosicherheitsforschung. Dies seien in erster Linie Aspekte des Wirksamkeitstests, nicht der Biosicherheitsforschung. Gemäss Art. 6 Abs. 2 Bst. b sei die versuchsweise Freisetzung nur gestattet, wenn der Versuch einen Beitrag zur Biosicherheit leiste. Es fehle der Zielsetzung des Gesuchs jedoch an substantiellen Elementen der Biosicherheitsforschung.

27. Zur Risikoermittlung und -bewertung merkt die EKAH allgemein an, sie habe mehrmals dargelegt, weshalb sie eine Risikobeurteilung, die nur auf der «substantiellen Äquivalenz» basiere, nicht als vertretbar erachte. Die Idee einer substantiellen Äquivalenz verkenne aus Sicht der EKAH, dass es sich bei der modifizierten Pflanze insgesamt um eine neue Pflanze handle und nicht nur um die Summe der Ausgangssorte und der Modifikation bzw. im Falle von gestapelten Genen der Modifikationen. Die Feststellung einer solchen Äquivalenz könne aus Sicht der EKAH nur als ein Element der Risikobeurteilung dienen. Zudem fehle es dem Gesuch weiter an einer Darlegung der gewonnenen Risikodaten aus den Vorgängerversuchen.

28. Zu den Risiken einer Etablierung und Ausbreitung der Organismen merkt die EKAH an, in der Risikobewertung werde die Plausibilität des Schadensszenarios mit der Eintrittswahrscheinlichkeit vermischt. Gemeint müsse hier sein, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadensszenarios mit Massnahmen so verringert werde, dass das Risiko als vertretbar eingeschätzt werde. Zu beurteilen, ob dem so sei, obliege der Bewilligungsbehörde.

29. Bezüglich des Risikos eines Gentransfers schreibe die Gesuchstellerin, eine nachweisbare Wirkung durch Verzehr könne praktisch ausgeschlossen werden und es bestehe ein nicht relevantes Risiko der Gefährdung der menschlichen Gesundheit. Die EKAH stellt in Frage, auf welche Daten sich die Gesuchstellerin beziehe, um zum Schluss zu kommen, dass ein Gentransfer ein nicht relevantes Risiko sei, oder ob auch hier die Eintrittswahrscheinlichkeit gemeint sei.

30. Die Gesuchstellerin schreibe, dass zurzeit keine ökologisch relevanten Einwirkungen auf Nichtzielorganismen bekannt seien. Eine Risikoermittlung müsse nach Ansicht der EKAH aber anders fragen, nämlich ob es plausible negativ zu bewertende ökologische Einwirkungen gebe. Denn es werde anschliessend von unerwarteten negativen Auswirkungen gesprochen, was heisse, dass die Gesuchstellerin solche nicht grundsätzlich ausschliesse. Risikobeurteilung heisse, dass man Schadensszenarien formuliert und Eintrittswahrscheinlichkeiten abschätzt. Wenn man Risiken prinzipiell nicht abschätzen könne, bewege man sich im Bereich des Nichtwissens, womit aber die Voraussetzungen einer naturwissenschaftlichen Forschung im Freiland ganz grundsätzlich in Frage gestellt würden.

31. Auch beim Risiko einer Gefährdung von Stoffkreisläufen genüge der Ansatz der substantiellen Äquivalenz nicht für eine Risikobeurteilung, und auch hier schliesse die Gesuchstellerin negative Auswirkungen nicht aus. Die EKAH verweist hier deshalb auf die obigen Überlegungen.

32. Bezüglich der Risiken einer Resistenzentwicklung weist die EKAH darauf hin, nach Aussagen der Gesuchstellerin gehe es bei der Zielsetzung des geplanten Versuchs noch nicht um eine landwirtschaftliche Anwendung, sondern um eine Funktionsüberprüfung der Pflanzen. Dennoch setze die Gesuchstellerin mögliche Erkenntnisse ihres geplanten Versuchs in den landwirtschaftlichen Kontext und schreibe, dass mit gentechnisch verändertem Weizen mit mehrfacher Mehlttauresistenz dem hohen Druck von Pathogenen in Monokulturen begegnet und eine nachhaltige Nutzung der landwirtschaftlichen Ressourcen sichergestellt werden könne. Im Gesuch werde darauf verwiesen, dass in der landwirtschaftlichen Nutzung einzelne Allele der *Pm*-Resistenzgene schnell durch eine Adaption des Erregers von Mehltau durchbrochen werde, zudem würden verschiedene Publikationen auf eine schnelle Anpassung des Echten Mehltaus an neue Resistenzgene hinweisen. Zwar verringere eine Kombination verschiedener Resistenzgene die Wahrscheinlichkeit von Resistenzentwicklungen, wie die Gesuchstellerin schreibe. Trotzdem sei davon auszugehen, dass alle Resistenzen irgendwann durchbrochen werden. Würden in gentechnisch veränderten Pflanzen natürlicherweise vorkommende Resistenzen eingefügt, erhöhe dies die Risiken eines Durchbrechens von Mehrfachresistenzen auch für den konventionellen Landbau. Mit Blick auf die Risikobewertung einer möglichen künftigen Anwendung, wie sie die Gesuchstellerin einleitend anspreche, sei die Frage nach alternativen Bekämpfungsstrategien in künftigen Forschungsdesigns zu stellen und die Risiken einer Strategie, die allein auf die Resistenzentwicklung ziele, abzuwägen.

33. Die EKAH verzichtet auf eine Stellungnahme zum Versuchsplan 2019.

37. Das BAG hält in seiner Stellungnahme fest, der beantragte Freisetzungsversuch sei als Fortsetzung der Versuche B07001, B07002, B07004 und B13001 zu betrachten, zu denen das BAG bereits Stellung genommen habe. Bei der Sorte Bobwhite handle es sich um dieselbe Weizensorte wie in den bereits bewilligten Gesuchen. Die eingeführten *Pm3*, *Pm8* und *Pm17*-Gene kodierten für Proteine mit einem NLR (nucleotide-binding leucine-rich repeat)-Motiv und verliehen den Pflanzen Resistenz gegen Mehltau. Die Proteinsequenzen von *Pm8* und *Pm17* seien zu 81.5% respektive 77.2% identisch mit der Proteinsequenz von *Pm3b*. Es lägen keine Hinweise auf ein toxisches oder allergenes Potential dieser Proteine vor. Die diesbezüglichen Ausführungen der Gesuchstellerin halte das BAG für nachvollziehbar.

38. Unter Berücksichtigung der eingereichten Unterlagen und der obigen Erwägungen komme das BAG zum Schluss, dass der vorgesehene Freisetzungsversuch im Vergleich zu den bereits bewilligten Versuchen keine Änderung des Risikos erkennen liessen und stimme daher der Durchführung des Versuchs zu. Zudem habe es keine weiteren Bemerkungen zum Versuchsplan 2019.

Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)

39. Das BLW hält in seiner Stellungnahme fest, das Dossier sei gut zusammengestellt und umfasse 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.

40. Die vorgesehenen Biosicherheitsmassnahmen erachte das BLW als ausreichend und vergleichbar mit denjenigen, die für den Versuch B13001 am selben Standort ergriffen wurden. Dennoch habe das BLW einige zusätzliche Fragen:

- Die Verwendung von myc- und HA-Tags in den verschiedenen Linien sei zwar bereits bewilligt worden, stelle aber weiterhin einen potentiellen Risikofaktor dar, der für die Funktion der Pflanze und die Versuchsanordnung – die ja die Untersuchung der Proteinfunktion zum Ziel hat – *sensu stricto* nicht nötig wäre. Voraussagen über die Allergenität, die sich einzig auf *in silico*-Analysen der Homologie mit bekannten Allergenen stützen, seien in keinem Fall eine Garantie, dass die neu eingeführten Genkombinationen nicht allergen seien. Jedoch sei nicht der Verzehr des produzierten Materials, sondern ein «proof of concept» Ziel dieses Versuchs, weshalb dieser Aspekt vermutlich für die Risikobewertung nicht essentiell sei.
- Das «stacking» von verschiedenen Kombinationen von *Pm*-Genen zeige die Notwendigkeit einer vernünftigen Verwaltung des Resistenzpools gut auf. Daher stelle sich die Frage, in welchem Ausmass sich die Nachhaltigkeit der Resistenzen im Feld und im geschlossenen System unterscheiden. So scheine denn ein besseres Verständnis der beobachteten Resistenzentwicklungen (Korrelation mit dem jeweiligen Expressionsniveau) zentral zu sein. Zudem stelle sich die Frage, was die Verwendung derselben Resistenzgen-Kombination im Feld langfristig für Auswirkungen auf die *Blumeria*-Populationen hätten, ob die dem «stacking» zu verdankende verbesserte Resistenz nachhaltig sei und welche ergänzenden Anbau-Massnahmen für eine nachhaltige Anwendung dieser Resistenzen notwendig wären. Eine langfristige Beobachtung der Reaktion von Pathogenpopulationen und Nichtzielorganismen auf unterschiedliche Resistenzgen-Kombinationen könne für das Projekt einen äusserst interessanten Fortschritt bedeuten.
- Die für die Verhinderung von Auskreuzungen zwischen GV- und konventionellem Weizen notwendigen Isolationsdistanzen seien relativ gut dokumentiert. Ein geringer Anteil von Auskreuzung durch Pollen sei zwischen 0 und 5 m möglich und in mehr als 30 m Entfernung praktisch nichtig. Die in der Stellungnahme der EFBS erwähnten Funde von *Aegilops cylindrica* in der Datenbank von Infoflora mitten in der Stadt Zürich (keine in der Nähe der Protected Site) seien während der letzten Erfassung 2017 nicht bestätigt worden.

41. Das BLW bestätigt mit dieser Stellungnahme, dass der Freisetzungsversuch B18001 ein begrenztes Risiko für die Umwelt und die Landwirtschaft darstelle. Zusammenfassend sollten die im Rahmen bisheriger Versuche mit transgenem Weizen ergriffenen Massnahmen auch in diesem Fall vollumfänglich angewandt werden können. Zum Versuchsplan 2019 habe es keine Bemerkungen.

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)

42. Das BLV hält in seiner Stellungnahme fest, eine abschliessende Bewertung der Lebensmittelsicherheit könne ohne Angaben zur stofflichen Zusammensetzung von Samen der gentechnisch veränderten Linien nicht vorgenommen werden. 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 Weizenkörnern dieser Linien bzw. daraus gewonnenen Erzeugnissen gefährdet werden könne.

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

34. In seiner Stellungnahme hält das AWEL fest, es halte die möglichen Gefährdungen und Beeinträchtigungen, die mit den Versuchen einhergehen, für vergleichbar mit denen des bewilligten Versuches B13001, der in den Jahren 2014 bis 2018 stattgefunden habe und während dem keine Gefährdungen oder Beeinträchtigungen beobachtet worden seien. Aus Sicht des AWEL sei die von der Gesuchstellerin vorgenommene Risikobewertung korrekt und die erläuterten Sicherheitsvorkehrungen hinreichend. Die Protected Site sei etabliert und die Gesuchstellerin weise bereits grosse Erfahrung in der Durchführung von Freisetzungsversuchen aus.

35. Das AWEL stellt folgende Anträge für Auflagen in der Versuchsbewilligung:

- Das Gesuch B18001 sei dann zu bewilligen, wenn sichergestellt sei, dass der Versuch weitgehend unter dem gleich hohen Sicherheitsstandard durchgeführt werde, wie die bereits bewilligten Freisetzungsversuche mit gentechnisch verändertem Weizen auf der Protected Site.
- Gemäss dem Bewilligungsgesuch müssten landwirtschaftliche Fahrzeuge, Maschinen und Geräte vor dem Verlassen des Feldes gereinigt werden, falls die Möglichkeit bestehe, dass durch die Feldbearbeitung vermehrungsfähiges und gentechnisch verändertes Material, insbesondere Körner und Keimlinge, daran haften geblieben sind. Um ein Keimungsrisiko auszuschliessen, habe die Reinigung auf einer befestigten Fläche innerhalb der Protected Site zu erfolgen.
- *Aegilops cylindrica* sei die einzige Wildpflanze, welche sich mit Weizen auskreuzen könne. Obwohl sein Vorkommen im Gebiet der Protected Site nicht belegt sei, habe die Gesuchstellerin dafür zu sorgen, dass jeweils vor der Blütezeit des Weizens keine *Aegilops*-Arten wachsen, analog der Verfügung des BAFU zu B13001.
- Es bestehe ein Notfallkonzept der Protected Site für extreme Witterungsverhältnisse, welches das Vorgehen und die Akteure im Falle eines unerwarteten Zwischenfalls regle. Da – bedingt durch den Klimawandel – vermehrt mit Starkniederschlägen zu rechnen sei, seien im Notfallkonzept eine erhöhte Alarmbereitschaft respektive Präventionsmassnahmen vorzusehen, falls aufgrund der Wetterprognosen mit solchen Ereignissen zu rechnen ist. Die Gesuchstellerin habe allfällige Änderungen des bestehenden Notfallkonzepts unverzüglich dem AWEL zu melden.
- Die Durchführung des Versuchs habe im Sinne von Art. 38 Abs. 2 Bst. c und Art. 41 Abs. 2 FrSV durch eine Begleitgruppe von Fachpersonen überwacht zu werden. In der Begleitgruppe hätten der Standortkanton (Sektion Biosicherheit des AWEL) und die Standortgemeinde (Grün Stadt Zürich) vertreten zu sein.
- Die Gesuchstellerin habe bis drei Monate vor Versuchsbeginn ihr Informationskonzept vorzulegen.
- Das AWEL würde es begrüessen, wenn wie in vorangegangenen Projekten die Aspekte der Biosicherheit und der Relevanz dieser Grundlagenforschung mit einer professionellen Kommunikation sichergestellt würden.
- Die Lage der Protected Site befinde sich teilweise in der Freihaltezone und schaffe deshalb im Vollzug regelmässig Probleme. Da jeweils befristete Baubewilligungen in einem sogenannten Ausnahmeverfahren erteilt werden müssten, bestehe eine Rechtsunsicherheit. Sollte die Absicht bestehen, die Protected Site langfristig zu betreiben, sei eine dauerhafte Lösung anzustreben.

36. Das AWEL hält fest, auf dem Versuchsplan 2019 sei ersichtlich, dass ein benachbartes Weizenfeld relativ nah zum Versuchsfeld, aber in mehr als 50 m Distanz zur Protected Site liege. Im Gesuch werde ein Isolationsabstand von mindestens 50 m von der Versuchsfläche zu Feldern mit kommerziellem Anbau von Weizen, Roggen oder Triticale sowie Versuchen mit nicht-GV-Pflanzen dieser Arten vorgeschlagen. In der Verfügung des BAFU zum Versuch B13001 sei ebenfalls ein Isolationsabstand von 50 m für Saatgut und Anbau von Weizen, Roggen und Triticale vorgeschrieben worden. Obwohl das AWEL in seiner Stellungnahme zu B13001 als Isolationsabstand 100 m bzw. 300 m für Saatgut gefordert habe, sei es mit dem Entscheid des BAFU zum Gesuch B13001 mit 50 m Isolationsabstand einverstanden gewesen. Ansonsten habe es keine Bemerkung.

2.2.1.2 Stellungnahmen der Bundesämter

Bundesamt für Gesundheit (BAG)

43. Eine Bestäubung von Blüten geschlechtlich kompatibler Arten in benachbarten Kulturen mit Pollen der gentechnisch veränderten Linien mit nachfolgender Bildung transgener Samen sei zu vermeiden. Die vorgeschlagenen minimalen Abstände zu Kulturen erschienen dem BLV als geeignet, die Wahrscheinlichkeit eines Gentransfers in benachbarte Kulturen wirksam zu beschränken.
44. 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 Pflanzen gelangen können.
45. Die Prüfung des Gesuchs habe für das BLV keinen Hinweis auf eine Gefährdung der Gesundheit des Menschen über die Lebensmittelkette durch die Freisetzung von gentechnisch veränderten Linien von Weizen gemäss Beschreibung durch den Gesuchsteller ergeben. Ebenso bestehe kein Hinweis auf eine Gefährdung der tierischen Gesundheit. Das BLV habe deshalb keine Einwände gegen die Durchführung des Versuchs und auch keine Einwände gegen den Versuchsplan 2019.

2.2.3 Beurteilung durch das BAFU

In seiner Beurteilung hat das BAFU die Stellungnahmen der Fachstellen berücksichtigt.

Grundsätzliches

46. Hauptziel der geplanten Freisetzung ist es zu untersuchen, wie sich *Pm*-Mehltauresistenzen in gentechnisch verändertem Weizen im Freiland verhalten, unter anderem im Kontakt mit natürlich vorkommenden Mehltaupopulationen, und dadurch ein verbessertes Verständnis des Pflanzenimmunsystems zu gewinnen. Das BAFU erachtet die Anforderung von Artikel 6 Absatz 2 Buchstabe a GTG und Artikel 19 Absatz 2 Buchstabe a FrSV, wonach angestrebte Erkenntnisse eines Freisetzungsvorganges nicht durch Versuche im geschlossenen System gewonnen werden können, als erfüllt.
47. *Pm8* ist ein R-Gen aus Roggen, das wie *Pm3* rassenspezifische Resistenz gegen Mehltau verleiht und im Rahmen von Zuchtprogrammen zur Einkreuzung vorteilhafter Eigenschaften aus Roggen mittlerweile in zahlreiche moderne Weizensorten eingeführt wurde. Bei *Pm8* und *Pm3* handelt es sich um orthologe Gene, dessen Gensequenzen bis zu 87% identisch sind. Zudem ist bekannt, dass sich die kodierten Proteine hauptsächlich in Teilen ihrer Aminosäuresequenz im C-terminalen Bereich der LRR-Domäne unterscheiden, die für die Erkennung von Effektoren aus Pathogenen und somit für die Spezifität der Allele ausschlaggebend sind (Hurni et al. 2013; Brunner et al. 2010). *Pm17* wiederum ist entweder ein Paralog oder gar ein Allel von *Pm8*, das ebenfalls rassenspezifische Resistenz gegen Mehltau verleiht. Es wurde in einer Weizensorte identifiziert und befindet sich dort ebenfalls auf einem aus Roggen eingekreuzten Teil des Weizen-Genoms. Die Gensequenz von *Pm17* gleicht zu 83% derjenigen von *Pm8* und zu 95% derjenigen von *Pm3*-Allelen, wobei sich auch hier die Unterschiede hauptsächlich auf den Bereich der Pm-Proteine konzentrieren, die für die Erkennung von Effektoren wichtig sind (Singh et al. 2018; Brunner et al. 2010). Bei *Pm3CS* handelt es sich um ein *Pm3*-Allel, das keine Resistenz gegen Mehltau zu verleihen vermag. Es wurde ursprünglich aus einer chinesischen Landrasse und einer deutschen Sorte isoliert und auch in tetraploiden wilden Weizenarten aus der Türkei nachgewiesen. Aufgrund von Gensequenz-Analysen und des Vorkommens in wilden Weizenarten geht man davon aus, dass es sich bei *Pm3CS* um ein ursprüngliches Resistenzgen handelt, von dem die weiteren *Pm3*-Allele abstammen und dessen Sequenz einen Konsensus unter den bekannten *Pm*-Genen darstellt (Yahiaoui et al. 2006). Die Proteine Pm3d und Pm3e unterscheiden sich einzig in zwei beziehungsweise einer Aminosäure der C-terminalen LRR-Domäne von der Konsensus-Sequenz von Pm3CS. Brunner et al. haben ein einziges Basenpaar der Sequenz von *Pm3d* mittels ortsspezifischer Mutagenese so verändert, dass das neu entstandene *Pm3d/e*-Allel nun alle drei Polymorphismen aus *Pm3d* und *Pm3e* trägt und als Resistenzspektrum eine Kombination der Rassenspezifität von *Pm3d* und *Pm3e* aufweist (Brunner et al. 2010). Dabei wurde die ortsspezifische Mutagenese auf einem Plasmid mit der Sequenz für *Pm3d* ausgeführt, welches anschliessend für die Transformation der Pflanzen verwendet wurde, so dass keine nicht-Ziel-Effekte («off target mutations») der Mutagenese in der *Pm3d/e*-Pflanzenlinie selber zu erwarten sind (Gesuch B18001, Teil B1.2). Insgesamt ist das BAFU aufgrund dieser wissenschaftlichen Erkenntnisse der Meinung, dass die *Pm*-Gene und -Allele *Pm8*, *Pm17*, *Pm3CS* und *Pm3d/e* mit den bisher in Freisetzungen verwendeten *Pm*-Allelen hinsichtlich ihrer molekularen Eigenschaften und physiologischen Funktionen und somit hinsichtlich der risikorelevanten Eigenschaften weitgehend vergleichbar sind.
48. Wie der bisher verwendete HA-Tag besteht auch der myc-Tag aus einer kurzen Aminosäurekette, die nicht in Pflanzen vorkommt und von Antikörpern gut erkannt wird. Derartige Tags werden in molekularbiologischen Labors häufig verwendet, um beispielsweise den Nachweis transgener Proteine in Geweben zu ermöglichen. Die Sequenz des myc-Tags stammt aus dem menschlichen Transkriptionsfaktor c-Myc, wo sie für einen kleinen Teil eines Strukturelementes der DNA-bindenden

Domäne kodiert, der nicht direkt mit der DNA interagiert (Nair und Burley 2003). Wie der HA-Tag, der vom Oberflächenprotein eines Influenza-Virus abgeleitet wurde, hat auch der myc-Tag alleine keine eigene Funktion. Aufgrund der Kürze des myc-Tags und seiner Herkunft aus einem Strukturelement erachtet das BAFU das Risiko, dass ein myc-Tag zu Änderungen der Funktion der *Pm*-Gene führt oder Einfluss auf die Physiologie der Pflanze hat, als vernachlässigbar. Eine potentielle Allergenität der *Pm*-myc-Proteine ist jedoch abzuklären (siehe Ziffer 70).

49. An den neu freizusetzenden gentechnisch veränderten Linien wurden im Gewächshaus bisher keine Auswirkungen der eingeführten Transgene und Transgenkombinationen auf Wachstum, Entwicklung und Fruchtbarkeit der Pflanzen beobachtet. Einzige Ausnahme ist die pyramidierte Linie *Pm3a,b,d,f*, deren leicht verzögertes Wachstum mit grösster Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein des Allels *Pm3f* zurückzuführen ist, welches sich bekanntlich negativ auf das Pflanzenwachstum auswirkt (Koller et al. 2018; Brunner et al. 2012).

50. Die Weizenlinien mit *Pm8* enthalten eine bis drei Kopien des Transgens (Hurni et al. 2013), bei den anderen neu freizusetzenden Linien ist die Kopienzahl unbekannt. Da Linien mit gestapelten *Pm3*-Allelen in früheren Freisetzungen im Vergleich zu einfachen Linien keine signifikante Änderung ihrer risikorelevanten Eigenschaften zeigten, aufgrund der äusserst spezifischen Funktion der *Pm*-Proteine in der Effektor-Erkennung und Signaltransduktion und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die freizusetzenden Linien im Gewächshaus keine von den Ausgangssorten abweichenden Phänotypen aufweisen, erachtet das BAFU die vorhandenen Daten für einen kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch als genügend.

51. Die Expression der Transgene in Blättern der neuen Linien mit *Pm8* und *Pm17* wurde mittels Western Blot beziehungsweise RT-PCR bestätigt und eine Korrelation zwischen Genexpression und Mehlttauresistenz beobachtet (Singh et al. 2018; Hurni et al. 2013; Gesuch B18001, Teil B.1.4). *Pm3d/e*, *Pm8*, *Pm17* und *Pm3b* wurden stabil über mehrere Generationen vererbt (mindestens T₂) und Ko-Segregationsanalysen zeigten eine Korrelation zwischen den eingeführten Genen und der Resistenz der Bobwhite-Pflanzen gegen Mehlttau auf (Stirnweis et al. 2014; Hurni et al. 2013; Singh et al. 2018; Brunner et al. 2010). Das BAFU erachtet die vorhandenen Daten aufgrund der äusserst spezifischen Funktion von *Pm*-Proteinen in der Effektor-Erkennung und Signaltransduktion für einen kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch als genügend. Angesichts des aktuellen Wissensstandes geht das BAFU in seiner Risikobewertung aufgrund der Verwendung des ubiquitären Promotors von der Hypothese aus, dass die Transgene in allen Teilen der Pflanze und in allen Entwicklungsstadien exprimiert werden.

52. Studien über die biologische Sicherheit der Pflanzenlinien, die verschiedene Allele des *Pm3*-Gens einzeln oder in Kombination tragen, wurden anlässlich früherer Feldversuche durch die Gesuchstellerin in den Jahren 2008 bis 2010 im Rahmen des NFP59 und 2014 bis 2018 im Rahmen des Freisetzungsversuchs B13001 durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Biosicherheit und die Evaluierung der Wirksamkeit der Sicherheitsmassnahmen sind in den Schlussberichten der Gesuche B07001, B07002 und B13001 sowie in den Berichten der Begleitgruppen enthalten.

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

- Die potenziellen Interaktionen, insbesondere Interferenzen, zwischen mehreren Transgenen (gestapelten Genen) in diesem spezifischen Fall zwischen verschiedenen *Pm*-Genen und -Allelen unter dem Einfluss von Umweltbedingungen, wie sie in der Natur anzutreffen sind.
- Die potenziellen umweltbedingten pleiotropen Auswirkungen, die durch das Vorhandensein der eingeführten Gene induziert werden, im Vergleich zur nicht-transformierten Ausgangssorte Bobwhite und der Entwicklung der unterschiedlichen Linien im Gewächshaus.

54. Insgesamt ist zu erwarten, dass die geplanten Untersuchungen neue Erkenntnisse zu Aspekten der Biosicherheit liefern werden. Das BAFU ist der Meinung, dass der Freisetzungsversuch die in Artikel 6 Absatz 2 Buchstabe b des GTG aufgestellte Bedingung erfüllt, wonach der Versuch einen Beitrag zur Erforschung der Biosicherheit der gentechnisch veränderten Pflanzen zu leisten habe, insbesondere da die Untersuchungen an Linien mit neuen Genen, Allelen und Kombinationen davon durchgeführt werden.

55. 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. Auf den für die Herstellung der transgenen Linien verwendeten Plasmiden befindet sich ein *bla*-Gen (Beta-Lactamase-Gen), das Ampicillinresistenz verleiht und im Klonierungsprozess der bakteriellen Selektion dient. Die Gesuchstellerin hat durch PCR-Analysen nachgewiesen, dass kein *bla*-Gen in die neuen Weizenlinien, die freigesetzt werden sollen, eingeführt wurde (technisches Dossier, Teil B.2 und Abbildung Nr. 4).

56. Bezüglich der Lage des vorgesehenen Versuchsstandorts im Reckenholz verweist das BAFU auf seine Verfügungen vom 15. August 2013 zum Gesuch B13001 (Ziffern 48-52) und vom 27. Oktober 2016 zum Gesuch B16001 (Ziffern 78-79).

Einzelne Anforderungen

57. 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

58. Wie im Rahmen der Gesuche B07001, B07002 und B13001 handelt es sich bei den eingebrachten *Pm*-Proteinen nicht um neue Substanzen, die erstmals in die Umwelt freigesetzt werden, da diese aus Weizen oder Roggen stammen (Hurni et al. 2013; Singh et al. 2018; Stirnweis et al. 2014). Zwar handelt es sich bei den verwendeten Konstrukten um eine Kombination aus *Pm*-Gensequenzen und Steuerungselementen, die natürlicherweise nicht vorkommen, allerdings werden dadurch hauptsächlich Zeitpunkt und Ort der Expression der Resistenzgene beeinflusst, während die dadurch kodierten Proteine mit denjenigen aus Weizen beziehungsweise Roggen identisch sind. Einzig das *Pm3d/e*-Allel wurde künstlich erzeugt, indem ein einzelnes Basenpaar in *Pm3d* so verändert wurde, dass die an dieser Stelle kodierte Aminosäure neu derjenigen von *Pm3e* entspricht (Brunner et al. 2010). Es ist somit davon auszugehen, dass auch im Rahmen des Anbaus von Roggen, Weizen und anderen Cerealien ähnliche beziehungsweise gar dieselben Proteine in grösseren Mengen freigesetzt werden. Das als Selektionsmarker eingeführte *manA*-Gen aus *Escherichia coli* kodiert für ein Enzym, das in Bakterien und Hefen ebenso wie im Tierreich weit verbreitet ist und auch vom Menschen produziert wird (Reed et al. 2001). Es handelt sich somit ebenfalls nicht um eine neue, erstmals in die Umwelt eingebrachte Substanz. Die transgenen Linien sind jedoch nicht für ein Inverkehrbringen in der Umwelt zugelassen und beispielsweise nicht auf ihre Lebensmittelsicherheit untersucht worden. Zudem ist die Produktion von Erzeugnissen ohne gentechnisch veränderte Organismen zu schützen. Der menschliche Verzehr der gentechnisch veränderten Weizenpflanzen ist daher zu verhindern und es sind Sicherheitsmassnahmen zu ergreifen, die deren Verbreitung auf benachbarte Weizen-, Roggen- oder Triticalefelder ausschliessen.

59. Aufgrund des Transformationsprozesses könnte Insertionsmutagenese stattgefunden haben, und auch die Bildung neuer Fusionsproteine kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die Lokalisierung der Insertionen wurde nicht bestimmt. 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).

60. Die hybriden Linien, die mehrere Allele oder Gene (gestapelte Gene) des *Pm*-Gens enthalten, wurden durch konventionelle Kreuzung zwischen zwei „einfachen“ Linien mit einer oder mehr Kopien des *Pm*-Gens hergestellt. Die Besonderheit dieser Linien liegt nicht nur darin, dass sie eine variable Anzahl Kopien eines spezifischen *Pm*-Gens enthalten (mehrere Kopien eines gleichen Inserts können in einem einzigen Transformationsereignis integriert werden), sondern auch zwei unterschiedliche Allele oder Gene des *Pm*-Gens. Obwohl diese spezifischen Kombinationen neu sind, kommen ähnliche Situationen in der Natur vor und unterscheiden sich im Kern nicht von Fällen, in denen mehrere Kopien des gleichen Gens oder Transgens in der gleichen Pflanze vorhanden sind, sei es auf natürliche Weise oder durch einfache Transformation. Die Elternlinien der *Pm3*-Hybridlinien sind auf molekularer, zellulärer, phänotypischer wie auch physiologischer Ebene beschrieben worden, und dies im Labor und im Gewächshaus, aber auch im Freiland (vgl. Ergebnisse des NFP59 und des Freisetzungsversuchs B13001). Auch wurden im Rahmen der Freilandversuche mit gestapelten *Pm3*-Allelen keine Auswirkungen der zusätzlichen Expression mehrerer *Pm*-Gene auf die Pflanzen beobachtet. Folglich erachtet das BAFU das Risiko, das von den Hybridlinien mit gestapelten Genen ausgeht, im Fall der *Pm*-Resistenzgene nicht als grundlegend verschieden vom Risiko, das die „einfachen“ Linien darstellen.

Verbreitung, Persistenz und Invasivität von gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial

61. 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 Weizen nicht persistent. Zwar können vereinzelt Körner ausserhalb von kultivierten Flächen keimen, aber für eine dauerhafte Etablierung ist die Konkurrenzkraft von Weizen zu schwach (Torgersen 1996; Andersson und Vicente 2010).

62. Das BAFU geht nicht davon aus, dass die Transformation mit *Pm*-Genen aus Weizen die Konkurrenzkraft massgeblich erhöht, da Weizen diese Gene bereits natürlicherweise besitzt und deshalb keine qualitativ neuen Stoffe in den Weizen eingebracht wurden. Zudem ist kein Einfluss dieser Gene auf physiologische Funktionen, die mit der Verbreitung oder Persistenz der Pflanzen in Verbindung stehen, bekannt. Untersuchungen der freizusetzenden Linien in geschlossenen Systemen, im Gewächshaus und teilweise auch im Freiland haben überdies gezeigt, dass sich die transgenen Linien morphologisch insbesondere in Bezug auf die Fortpflanzung, Verbreitung und Überlebensfähigkeit nicht von den Schwesterkontrolllinien unterscheiden. Das BAFU erachtet demnach das Risiko einer erhöhten Konkurrenzkraft der Versuchspflanzen für einen kleinräumigen, zeitlich begrenzten Versuch als tragbar.

Persistenz und Verbreitung von gentechnisch verändertem Erbmateriale im Boden

63. Für eine ausführliche Beurteilung der Persistenz und Verbreitung von gentechnisch verändertem Erbmateriale im Boden verweist das BAFU auf seine Verfügungen vom 15. August 2013 zum Gesuch B13001 (Ziffern 57-59) und vom 27. Oktober 2016 zum Gesuch B16001 (Ziffern 87-88). Zusammenfassend ist festzuhalten, dass ein horizontaler Gentransfer, bei dem Erbmateriale zwischen Organismen mit anderen Mechanismen als sexueller Vermehrung ausgetauscht wird, von den Versuchspflanzen auf Bodenorganismen nicht auszuschliessen, jedoch gemäss Modellierungen extrem unwahrscheinlich ist. Bei der Beurteilung ist zudem zu berücksichtigen, dass es sich bei den eingebrachten *Pm*-Genen und Proteinen nicht um neue Substanzen handelt, da Weizen selbst *Pm*-Gene besitzt, die mit jeder Anpflanzung in den Boden gelangen. Das verwendete Markergen schliesslich, das *manA*-Gen aus dem Bakterium *Escherichia coli*, kodiert für Phosphomannose-Isomerase (PMI), ein Enzym, welches weit verbreitet ist und unter anderem auch von Bodenbakterien produziert wird. Aus diesen Gründen geht das BAFU nicht davon aus, dass es aufgrund dieses zeitlich und räumlich begrenzten Versuches zu anderen oder stärkeren Auswirkungen auf Bodenlebewesen kommen wird als beim Anbau von Weizen ohnehin. Das Risiko einer Persistenz und Verbreitung der neuen Eigenschaften im Boden erscheint dem BAFU deshalb als tragbar.

Möglichkeit des Auskreuzens auf Wildpflanzen und dessen Konsequenzen

64. Für eine ausführliche Beurteilung der Möglichkeit des Auskreuzens der Versuchspflanzen auf Wildpflanzen verweist das BAFU auf seine Verfügungen vom 15. August 2013 zum Gesuch B13001 (Ziffern 60-63) und vom 27. Oktober 2016 zum Gesuch B16001 (Ziffern 89-90). Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Kreuzungen von Weizen mit dem in der Schweiz vereinzelt vorkommenden Zylindrischen Walch *Aegilops cylindrica* möglich sind, jedoch meist zu sterilen Hybriden führen und nur unter Laborbedingungen oder selten unter spezifischen natürlichen Bedingungen möglich sind. Im Rahmen des Forschungsprojekts NFP59 hat die Gesuchstellerin das Gelände um die Versuchspartellen im Umkreis von 60 m auf *Ae. cylindrica* abgesucht, das Wildgras jedoch nicht gefunden. Auch während des Monitorings im Umkreis von 12 m um die Partellen des Versuches B13001 hat die Gesuchstellerin keine *Ae. cylindrica*-Pflanzen beobachtet.

65. Basierend auf diesen Angaben sieht das BAFU die Wahrscheinlichkeit, dass *Ae. cylindrica* nicht am Standort der Freisetzungsversuche vorkommt, als hoch an. Bei der vorliegenden Freisetzung handelt es sich ausserdem um einen Versuch, bei dem die Pollenquelle relativ klein ist. Das BAFU erachtet das Risiko einer Verbreitung der neuen Eigenschaften via Auskreuzung aktuell als tragbar, solange keine neuen Erkenntnisse zur Hybridisierung von Weizen mit Wildpflanzen sowie zur Verbreitung möglicher Kreuzungspartner von Weizen in der Umgebung des Versuchsstandortes vorliegen, die auf ein erhöhtes Auskreuzungsrisiko hinweisen.

66. Horizontaler Gentransfer ist zwar in Mikroorganismen weit verbreitet, wird jedoch in mehrzelligen Eukaryoten äusserst selten beobachtet. Tatsächlich wurde horizontaler Gentransfer in wilden Gräsern nachgewiesen, jedoch handelt es sich dabei um seltene Ereignisse, die sich in Zeiträumen von Millionen von Jahren abspielen und nur zwischen verwandten Gattungen beobachtet wurden. Obwohl die diesem Phänomen zugrunde liegenden Mechanismen derzeit unbekannt sind, geht man aufgrund dieser Beobachtungen davon aus, dass ein enger Kontakt von Zelle zu Zelle nötig ist, beispielsweise wenn das Pollenkorn eines Grases auf dem Blütenstempel einer anderen Art keimt (Dunning et al. 2019). Die im beantragten Versuch vorgesehene Isolationsdistanz und Mantelsaat, die der Verhinderung von

Auskreuzungen dienen, senken die Wahrscheinlichkeit eines derartigen Zell-Zell-Kontakts weiter. Daher erachtet das BAFU das Risiko eines horizontalen Gentransfers von den Versuchspflanzen auf Wildpflanzen als vernachlässigbar.

Wechselwirkungen mit Nicht-Zielorganismen

67. Die Wahrscheinlichkeit eines horizontalen Gentransfers zwischen den gentechnisch veränderten Pflanzen und Bakterien wird als unter natürlichen Bedingungen seltenes Ereignis erachtet (Kim et al. 2010). Die Pm-Proteine wirken spezifisch gegen den Mehltau *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* und PMI ermöglicht die Nutzung des Zuckers Mannose. Bei der Beurteilung der möglichen Wechselwirkungen mit Nicht-Zielorganismen hat das BAFU berücksichtigt, dass die Eigenschaften der Versuchspflanzen nicht eigentlich neu sind. Nicht-Zielorganismen, die mit Weizen assoziiert sind, kommen bereits in Kontakt mit Pm-Proteinen sowie PMI aus mit Weizen vergesellschafteten Mikroorganismen. Auch wären Nebenwirkungen auf Nicht-Zielorganismen durch die zeitliche und örtliche Begrenzung des Freisetzungsvorganges 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 deshalb zum Schluss, dass das Risiko, das von den gentechnisch veränderten Weizenpflanzen für Nicht-Zielorganismen ausgeht, tragbar ist.

Auswirkungen auf Stoffkreisläufe

68. 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 oder Roggen wurden und werden Pm-Proteine in die Umwelt, insbesondere in den Boden eingetragen. Auch PMI ist im Boden natürlicherweise bereits vorhanden. Selbst wenn es zu unerwarteten Auswirkungen auf Stoffkreisläufe käme, so wären diese aufgrund der zeitlichen und räumlichen Begrenzung des Freisetzungsvorganges 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

69. Schädlinge oder Krankheitserreger können gegenüber Substanzen, die sie bekämpfen sollen, Resistenzen entwickeln. Dazu müssen sie jedoch über einen längeren Zeitraum und relativ grossflächig diesen Substanzen ausgesetzt sein. Diese Bedingungen sind bei dem geplanten Freisetzungsvorgang nicht gegeben, weshalb das BAFU das Risiko einer Resistenzentwicklung als vernachlässigbar einschätzt.

Allergenität / Toxizität

70. Basierend auf der Stellungnahme des BAG erkennt das BAFU weder ein übermässiges toxisches noch allergenes Potential der in den gentechnisch veränderten Pflanzen zusätzlich exprimierten bzw. überexprimierten Proteine. PMI kommt natürlicherweise in Mikroorganismen und Tieren vor und ist auch im Menschen ein wichtiges Enzym des Kohlenhydrat-Stoffwechsels. Aufgereinigtes PMI-Protein hat in Fütterungsversuchen mit Mäusen zu keinen toxischen oder allergischen Reaktionen geführt und war in *in vitro*-Versuchen gut verdaubar. Auch wurde in mit *manA* transformierten Mais- und Zuckerrübenpflanzen keine Veränderung des Glykoprotein-Profiles beobachtet, die auf eine erhöhte Allergenität hinweisen würde (Reed et al. 2001). Da Pm-Proteine in Getreide natürlicherweise vorkommen, sollte es bei einem allfälligen Verzehr von Lebensmitteln, welche geringe Anteile der gentechnisch veränderten Weizenlinien enthalten, in keinem grösseren Mass zu Symptomen einer nahrungsmittelbedingten Weizenallergie kommen als bei herkömmlichem Weizen. Auch *in silico*-Analysen der neuen Konstrukte *Pm8-Myc* und *Pm17-HA* haben keine Hinweise auf eine mögliche Allergenität ergeben (Gesuch B18001, Teil B2.3). Das Risiko, dass der Pollen der gentechnisch veränderten Weizensorten vermehrt zu respiratorisch-allergischen Symptomen führt als derjenige des herkömmlichen Weizens, erachtet das BAFU deshalb als gering. Weil die Weizenlinien nicht gezielt darauf getestet wurden, kann eine erhöhte Allergenität jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden und es sollte unter allen Umständen vermieden werden, dass gentechnisch veränderter Weizen bzw. dessen Eigenschaften in die Nahrungsmittelkette gelangt.

Beurteilung des Schutzes der Produktion ohne GVO und der Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten

71. 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

72. Für eine ausführliche Beurteilung der Möglichkeit von Verunreinigungen durch Auskreuzungen auf benachbarte Kulturpflanzen verweist das BAFU auf seine Verfügungen vom 15. August 2013 zum Gesuch B13001 (Ziffern 60, 70) und vom 27. Oktober 2016 zum Gesuch B16001 (Ziffern 97-99). Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die in wissenschaftlichen Studien gemessenen Auskreuzungsraten in unmittelbarer Nähe zu den Pollenquellen wenige Prozent betragen, innerhalb von mehreren Metern stark zurückgingen und ab Distanzen von mehreren Dutzend bis hundert Metern nur noch selten Auskreuzungen gefunden wurden. Der gesetzlich festgelegte minimale Abstand für die Basissaatgutproduktion von selbstbefruchtendem Triticale beträgt gemäss Verordnung des WBF über Saat- und Pflanzgut von Acker- und Futterpflanzen- sowie Gemüsearten (SR 916.151.1) 50 m. Das BAFU erachtet diese Isolationsdistanz, die sich in der Praxis zur Wahrung der Saatgutreinheit bewährt hat und der sortenabhängigen Variabilität der Pollenverbreitungs-Eigenschaften Rechnung trägt, als angebracht. Zudem sieht die Gesuchstellerin als weitere Massnahme eine 2.6 m breite Mantelsaat aus Triticale vor, die das Risiko von Auskreuzungen auf benachbarte Weizenpflanzen weiter vermindert. Nach der Blüte kann die Mantelsaat auf 1.3 m reduziert werden, solange noch keine keimfähigen Körner produziert werden, da die Mantelsaat zu diesem Zeitpunkt ihre Funktion als Pollenbarriere bereits erfüllt hat und ein unbeabsichtigtes Betreten oder Befahren der Versuchspartellen mit gentechnisch veränderten Pflanzen auch mit einer derart verschmälerten Mantelsaat verhindert werden kann. Gleichzeitig entsteht durch eine Reduktion der Mantelsaat weniger Ausfallgetreide, was das Risiko von Durchwuchs und Verschleppungen weiter verringert.

73. Am 27. Oktober 2016 hat das BAFU das Gesuch B16001 um eine Freisetzung von gentechnisch verändertem Winterweizen von Agroscope mit Auflagen bewilligt. Die Gesuchstellerin des Versuchs B16001 ergreift Massnahmen, um die Verbreitung von gentechnisch verändertem Material zu vermeiden. Sollte es zu Auskreuzungen der *Pm*-Linien auf benachbarte transgene Pflanzen aus diesem bereits bewilligten Versuch kommen, ist aufgrund dieser Massnahmen keine weitere Verbreitung des genetischen Materials der *Pm*-Linien zu erwarten. Das BAFU hält deswegen eine Isolationsdistanz zu im Rahmen des Versuchs B16001 angebauten Pflanzen nicht für notwendig.

Verunreinigung durch den Einsatz von Geräten

74. 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

75. Verloren gegangene Samen oder Körner können keimen und die daraus resultierenden Pflanzen wiederum auf benachbarte Flächen auskreuzen. Untersuchungen aus Amerika zeigen, dass Weizenkörner abhängig von Umweltbedingungen länger als ein Jahr keimfähig im Boden überdauern können (Anderson und Soper 2003). Die Gesuchstellerin untersucht im Frühling nach jedem Versuchsjahr die Transportwege und Versuchsflächen auf Durchwuchspflanzen von Weizen. Wird dabei Durchwuchsweizen gefunden, werden die Pflanzen bekämpft, allenfalls durch Herbizidbehandlung, und die Nachbeobachtung um ein Jahr verlängert. Nach dem Beenden der Weizenversuche wird konventioneller Weizen erst auf den ehemaligen Versuchsflächen angebaut, wenn mindestens zwei Jahre kein Durchwuchsweizen beobachtet wurde. Da die Samen bei einem unbeabsichtigten Verlust auch ausserhalb der eigentlichen Versuchsflächen verschleppt werden können, hält es das BAFU für angebracht, die Nachbeobachtungen auf einen 12 m-Umkreis um die Versuchsflächen auszuweiten.

76. Weizenpollen ist für Bestäuberinsekten wie beispielsweise Honigbienen nicht attraktiv (Keller et al. 2005), weshalb auch die Wahrscheinlichkeit, dass transgener Pollen in Honig gelangen könnte, vernachlässigbar ist.

Verunreinigungen bei der Verarbeitung

77. 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

78. 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).

79. Die neu freizusetzenden Linien wurden bisher einzig in geschlossenen Systemen, sowohl im Labor als auch in Gewächshäusern, getestet und analysiert. Während dieser Untersuchungen hat keine der für den Freisetzungsversuch vorgesehenen Linien unerwartete Eigenschaften aufgewiesen, die über die absichtlich eingeführte Mehltreueresistenz oder pleiotrope Effekte, die für diese Art von Linien zu erwarten sind, hinausgehen. Da alle für die Freisetzung vorgesehenen Linien im Voraus mindestens unter Laborbedingungen und in Gewächshäusern und teilweise sogar unter Feldbedingungen getestet wurden, erachtet das BAFU das Stufenprinzip als eingehalten.

Beurteilung der Achtung der Würde der Kreatur

80. Bei Tieren und Pflanzen darf durch gentechnische Veränderungen des Erbmaterials 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.

81. Die gentechnische Veränderung zielt auf eine Erhöhung der pflanzeigenen Widerstandskraft von Weizen gegen pilzliche Krankheitserreger. Zu diesem Zweck sollen – zusätzlich zu weizeneigenen *Pm*-Resistenzgenen – *Pm*-Gene aus Weizen und Roggen exprimiert werden. Der Würde der Kreatur wird Rechnung getragen, insbesondere da keine vitalen artspezifischen Funktionen bzw. die Lebensweise der Weizenpflanzen verändert wurden.

Sicherstellung der Haftpflicht

82. Als öffentlich-rechtliche Körperschaft des Kantons Zürich, für die der Kanton Zürich haftet, ist die Universität Zürich (Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie) nach Art. 11 Abs. 5 Bst. b FrSV von der Sicherstellung der Haftpflicht befreit.

Ergebnis der Prüfung

83. 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

84. 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).

85. Die Beurteilung des Gesuches hat insgesamt 18 Arbeitsstunden beansprucht. Nach dem in Artikel 4 Absatz 2 GebV-BAFU vorgesehenen Stundenansatz von CHF 140.-- belaufen sich die Gebühren somit total auf CHF 2520.

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 vom 23. Oktober 2018 um Bewilligung eines Freisetzungsversuchs mit gentechnisch verändertem Weizen in Zürich, Standort Agroscope Reckenholz, **wird mit folgenden Auflagen und Bedingungen für den beantragten Zeitraum von 2019 bis und mit 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 Weizenpflanzen 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 50 m ab der in Teil C, Ziffer 1.d.gg verfügten, 2.6 m breiten Mantelsaat kein Anbau von Weizen, Roggen oder Triticale erfolgt, wobei der versuchsweise Anbau von gentechnisch verändertem Weizen im Rahmen des bewilligten Versuchs B16001 von dieser Massnahme ausgenommen ist;
 - bb. sie stellt sicher, dass in den Jahren 2019 bis und mit 2023 im Umkreis von 50 m ab der in Teil C, Ziffer 1.d.gg verfügten, 2.6 m breiten Mantelsaat kein Saatgut von Weizen, Roggen oder Triticale produziert wird, wobei der versuchsweise Anbau von gentechnisch verändertem Weizen im Rahmen des bewilligten Versuchs B16001 von dieser Massnahme ausgenommen ist; dabei darf in diesem Umkreis Erntegut der genannten Pflanzen weder als Basissaatgut, 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 Weizen kreuzbar sind, jedoch mit Weizen, Roggen oder Triticale verunreinigt sein könnten (beispielsweise Gerste), angebaut und in Verkehr gebracht werden (z.B. Verkauf als Futtermittel), so stellt die Gesuchstellerin durch geeignete Massnahmen sicher, dass die Gerste nachweislich nicht mit Weizen, Roggen oder Triticale verunreinigt ist, da diese Verunreinigungen mit GVO-Weizen aus den Versuchsflächen auskreuzen könnten. Die festgelegten Massnahmen sind dem BAFU unverzüglich mitzuteilen.
 - dd. sie untersucht in den Jahren 2019 bis und mit 2023 die Umgebung der Versuchsfläche, die nicht mit Getreide bebaut wird, im Umkreis von 12 m nach Pflanzen von Weizen, Roggen oder Triticale und entfernt diese gegebenenfalls spätestens vor der Ausbildung von potentiell keimfähigen Körnern in diesen Pflanzen;
 - ee. sie untersucht im Jahr 2019 die Umgebung der Versuchsfläche im Umkreis von 12 m nach dem Vorkommen von *Aegilops cylindrica* und entfernt diese gegebenenfalls spätestens vor der Ausbildung von potentiell keimfähigen Körnern in diesen Pflanzen; falls *Aegilops*-Pflanzen gefunden wurden, muss die Untersuchung im darauf folgenden Jahr erneut durchgeführt werden;

- 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 Triticale 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 Weizenpflanzen 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 Weizenpflanzen 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 Weizenlinien, 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 Vorjahres eine Versuchsanordnung für die Jahre 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 Versuchsfelder, die Umgebung im Abstand von 12 m sowie die Transportwege auf dem Gelände der Forschungsanstalt nach keimenden Weizenpflanzen; werden Durchwuchspflanzen entdeckt, sind diese sachgerecht zu entsorgen und ist die Überwachung jeweils auf das darauffolgende 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 des BAFU und 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 2'520. 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, Worbentalstrasse 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), Sektion Biosicherheit,und öffentlich zugänglich gemacht (Art. 38 Abs. 3 FrSV).

5. Mitteilung 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

Bundesamt für Umwelt BAFU


Marc Chardonens
Direktor

ANHANG 1 WEIZENLINIEN

Weizenlinie	GVO	Versuch Teil	Testlinie (TL) / Kontrolllinie (KL)	frühere Freisetzungen	Anmerkungen
Pm3a,b,e	ja	1	TL	nein	
Pm3a,b,d	ja	1	TL	nein	
Pm3a,b,d,f	ja	1	TL	nein	
Pm3e#2	ja	1, 2	KL	B13001	Elternlinie
Pm3a#1xPm3b#1	ja	1	KL	B13001	Elternlinie
Pm3a#1xPm3d#1	ja	1	KL	B13001	Elternlinie
Pm3b#1xPm3f#1	ja	1	KL	B13001	Elternlinie
Pm3d/e#6	ja	2	TL	nein	
Pm3d/e#13	ja	2	TL	nein	
Pm3d#1	ja	2	KL	B13001	
Pm17#34	ja	3	TL	nein	
Pm17#34-SL	(ja*)	3	KL	nein	Schwesterlinie
Pm17#110	ja	3	TL	nein	
Pm17#110-SL	(ja*)	3	KL	nein	Schwesterlinie
Pm17#122	ja	3	TL	nein	
Pm17#122-SL	(ja*)	3	KL	nein	Schwesterlinie
Pm17#181	ja	3	TL	nein	
Pm17#181-SL	(ja*)	3	KL	nein	Schwesterlinie
Pm8#12	ja	3	TL	nein	
Pm8#34	ja	3	TL	nein	
Pm8#59	ja	3	TL	nein	
Pm8#59-SL	(ja*)	3	KL	nein	Schwesterlinie
Pm17+Pm8	ja	3	TL	nein	
Pm17+Pm3b	ja	3	TL	nein	
Pm17+Pm3CS	ja	3	TL	nein	
Pm3CS	ja	3	KL	nein	Elternlinie
Pm3b	ja	3	KL	nein	Elternlinie
Weizensorte Bobwhite	nein	1, 2, 3	KI	B13001,	Ausgangssorte für Transformation
Roggensorte Petkus	nein	3	KL	konventioneller Anbau	Ursprungsorte von Pm8
Weizensorte Amigo	nein	3	KL	konventioneller Anbau	Ursprungsorte von Pm17

* Schwesternlinien: Nachkommen der transformierten Pflanzen, die das Transgen aufgrund von Segregation nicht mehr tragen

ANHANG 2 LITERATURVERZEICHNIS

- Anderson, Randy L.; Soper, Geoff (2003): Review of Volunteer Wheat (*Triticum aestivum*) Seedling Emergence and Seed Longevity in Soil. In: *Weed Technology* 17 (3), S. 620–626. DOI: 10.1614/0890-037X(2003)017[0620:ROVWTA]2.0.CO;2.
- Andersson, Meike S.; Vicente, M. Carmen de (2010): Gene flow between crops and their wild relatives. In: *Evolutionary Applications* 3 (4), S. 402–403. DOI: 10.1111/j.1752-4571.2010.00138.x.
- Brunner, Susanne; Hurni, Severine; Streckeisen, Philipp; Mayr, Gabriele; Albrecht, Mario; Yahiaoui, Nabila; Keller, Beat (2010): Intragenic allele pyramiding combines different specificities of wheat Pm3 resistance alleles. In: *The Plant journal : for cell and molecular biology* 64 (3), S. 433–445. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2010.04342.x.
- Brunner, Susanne; Stirnweis, Daniel; Diaz Quijano, Carolina; Buesing, Gabriele; Herren, Gerhard; Parlange, Francis et al. (2012): Transgenic Pm3 multilines of wheat show increased powdery mildew resistance in the field. In: *Plant biotechnology journal* 10 (4), S. 398–409. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2011.00670.x.
- Courvoisier, Numa; Levy Häner, Lilia; Bertossa, Mario; Thévoz, Etienne; Anders, Martin; Stoll, Peter et al. (2017): Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2018. In: *Agroscope*.
- Dunning, Luke T.; Olofsson, Jill K.; Parisod, Christian; Choudhury, Rimjhim Roy; Moreno-Villena, Jose J.; Yang, Yang et al. (2019): Lateral transfers of large DNA fragments spread functional genes among grasses. In: *Proc Natl Acad Sci USA* 39, S. 201810031. DOI: 10.1073/pnas.1810031116.
- 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.
- Hurni, Severine; Brunner, Susanne; Buchmann, Gabriele; Herren, Gerhard; Jordan, Tina; Krukowski, Patricia et al. (2013): Rye Pm8 and wheat Pm3 are orthologous genes and show evolutionary conservation of resistance function against powdery mildew. In: *The Plant journal : for cell and molecular biology* 76 (6), S. 957–969. DOI: 10.1111/tpj.12345.
- Keller, Irene; Fluri, Peter; Imdorf, Anton (2005): Pollen nutrition and colony development in honey bees. Part 1. In: *Bee World* 86 (1), S. 3–10. DOI: 10.1080/0005772X.2005.11099641.
- 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.
- Koller, Teresa; Brunner, Susanne; Herren, Gerhard; Hurni, Severine; Keller, Beat (2018): Pyramiding of transgenic Pm3 alleles in wheat results in improved powdery mildew resistance in the field. In: *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik* 131 (4), S. 861–871. DOI: 10.1007/s00122-017-3043-9.
- Nair, Satish K.; Burley, Stephen K. (2003): X-Ray Structures of Myc-Max and Mad-Max Recognizing DNA: Molecular Bases of Regulation by Proto-Oncogenic Transcription Factors. In: *Cell* (112), S. 193–205.
- Reed, Janet; Privalle, Laura; Powell, M. Luann; Meghji, Moez; Dawson, John; Dunder, Erik et al. (2001): Phosphomannose isomerase: An efficient selectable marker for plant transformation. In: *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* (37), S. 127–132.
- Sapra, V. T.; Hughes, J. L. (1975): Pollen production in *hexaploid triticale*. In: *Euphytica* 24 (1), S. 237–243. DOI: 10.1007/BF00147192.

Singh, Simrat Pal; Hurni, Severine; Ruinelli, Michela; Brunner, Susanne; Sanchez-Martin, Javier; Krukowski, Patricia et al. (2018): Evolutionary divergence of the rye Pm17 and Pm8 resistance genes reveals ancient diversity. In: *Plant Molecular Biology* 98 (3), S. 249–260. DOI: 10.1007/s11103-018-0780-3.

Stirnweis, Daniel; Milani, Samira D.; Brunner, Susanne; Herren, Gerhard; Buchmann, Gabriele; Peditto, David et al. (2014): Suppression among alleles encoding nucleotide-binding-leucine-rich repeat resistance proteins interferes with resistance in F1 hybrid and allele-pyramided wheat plants. In: *The Plant journal : for cell and molecular biology* 79 (6), S. 893–903. DOI: 10.1111/tpj.12592.

Torgersen, Helge (1996): Ökologische Effekte von Nutzpflanzen – Grundlagen für die Beurteilung transgener Pflanzen? In: *Bundesministerium für Umwelt Monographien Band 74*.

Weeks, J. Troy; Anderson, Olin D.; Blechl, Ann E. (1993): Rapid Production of Multiple Independent Lines of Fertile Transgenic Wheat (*Triticum aestivum*). In: *Plant physiology* (102), S. 1077–1084.

Yahiaoui, Nabila; Brunner, Susanne; Keller, Beat (2006): Rapid generation of new powdery mildew resistance genes after wheat domestication. In: *The Plant journal : for cell and molecular biology* 47 (1), S. 85–98. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2006.02772.x.

Yeung, K. C.; Larter, E. N. (1971): Pollen Production and Disseminating Properties of Triticale Relative to Wheat. In: *Canadian Journal of Plant Science* (52), S. 569–574.