

Die Protected Site – sieben Jahre Freilandforschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen

Susanne Brunner, Jörg Romeis, Andrea Patocchi und Roland Peter
Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Susanne Brunner, E-Mail: susanne.brunner@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs12-9g> Publikationsdatum: 4. Februar 2021



Das Gelände der Protected Site ist umzäunt, bewacht und überwacht, um die dort angelegten Feldversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen vor Zerstörung zu schützen.

(Foto: Mario Waldburger, Agroscope)

Zusammenfassung

2014 wurde die Protected Site, eine gesicherte Versuchsfläche von Agroscope am Standort Reckenholz (ZH), in Betrieb genommen. Sie bietet seither eine in Europa einzigartige Möglichkeit für Freilandforschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) – unter strengen Biosicherheitsauflagen und mit höchsten Sicherheitsansprüchen auch zum Schutz der Versuche vor Zerstörung. Das Einrichten einer Protected Site ist das Resultat eines breiten politischen Konsenses, dass Feldversuche mit GVP auch unter dem seit 2005 geltenden GVP-Moratorium in der Schweiz möglich sein sollen, und so die Forschungsfreiheit in der Pflanzenforschung gewährleistet wird. Die Protected Site hat das Ziel, einerseits Grundlagenforschung über einzel-

ne Gene oder Genkombinationen sowie über GVP und ihre Interaktionen mit der Umwelt zu ermöglichen. Andererseits soll diese Anlage auch die anwendungsorientierte Forschung fördern, welche Nutzen und Risiken von GVP für die Schweizer Landwirtschaft analysiert. Diese Forschungstätigkeiten tragen dazu bei, in der Schweiz Erfahrungen und Einschätzungen bezüglich GVP zu sammeln. So können auch in Zukunft wichtige Beiträge geleistet werden, um die Anwendung neu entwickelter Züchtungsmethoden, z. B. die Genom-Editierung, differenziert zu bewerten und einzustufen.

Key words: genetically modified plants, field trial, Protected Site, plant research, moratorium.

Die Entstehung der Protected Site

Die ersten Feldversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) wurden 1986 in Frankreich und in den USA durchgeführt, und kurz darauf nahmen auch Forschende in Belgien, Grossbritannien und Chile Arbeiten dazu auf (James & Krattiger, 1996). Erstmals kommerziell angebaut wurde 1992 ein virus-resistenter GV-Tabak in China (James & Krattiger, 1996). Zwei Jahre später wurde in den USA das erste Produkt einer GVP vermarktet, eine Tomate mit längerer Haltbarkeit (Flavr-Savr-Tomate; Martineau, 2001). Heute werden GV-Sorten (v. a. von Soja, Mais, Baumwolle und Raps) auf 13 % der weltweiten Ackerfläche angebaut (ISAAA, 2019).

In der Schweizer Pflanzenforschung, die damals wie heute zur Weltspitze gehört, wurden die neuen Möglichkeiten der Pflanzentransformation schon früh genutzt und weiterentwickelt. Die ersten Feldversuche mit GVP in der Schweiz fanden 1991 und 1992 statt (Malnoë *et al.*, 1994). Die Versuchspflanzen, virus-resistente Kartoffeln, wurden von Agroscope am Standort Changins (damals noch Forschungsanstalt Changins RAC) entwickelt und untersucht. Erst 2004 und nach jahrelangem Ringen um eine Freisetzungsbewilligung wurde ein Feldversuch der ETH mit Sommerweizen an der ETH-Forschungsstation in Lindau-Eschikon (ZH) durchgeführt (Schlaich *et al.*, 2006). Der wissenschaftlich erfolgreiche und medial stark beachtete Versuch erfolgte unter Einhaltung extrem strenger Umweltauflagen (Schlaich *et al.*, 2007; Fisch, 2013).

Von 2008 bis 2010 fanden im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen» (NFP 59) weitere Feldversuche mit GVP in der Schweiz statt (www.nfp59.ch). Bei Agroscope an den Standorten Reckenholz (ZH) und Pully (VD) wurden in zwei Projekten die Krankheitsresistenz gegen Mehltau und der Ertrag von unterschiedlichen GV-Weizenlinien der Universität Zürich und der ETH Zürich untersucht (Mascher *et al.*, 2012). Weitere sechs Projekte befassten sich mit Biosicherheitsfragen zu diesen Weizenlinien (Foetzki *et al.*, 2011). Im ersten Versuchsjahr (2008) wurde am Standort Reckenholz ein Grossteil der Versuchspartellen durch Vandalen beschädigt. In Pully fanden in beiden Feldsaisons (2009–2010) kleinere Angriffe auf die Versuche statt. Die Feldstudien konnten daher nur mit Hilfe einer sehr teuren Bewachung weitergeführt werden (Bernauer *et al.*, 2011; Romeis *et al.*, 2013). Diese Angriffe waren bei weitem nicht die einzigen in Europa: Vor allem in Frankreich und Deutschland, aber auch in England,

Italien und Belgien wurden seit Ende der 1990er-Jahre immer wieder Feldversuche mit GVP, die von akademischen bzw. staatlichen Forschungsinstitutionen durchgeführt wurden, zerstört (Gómez-Galera *et al.*, 2012; Kuntz, 2012). Dies führte zu einem deutlichen Rückgang der Versuchstätigkeit und zu einem Aufruf zum Schutz solcher Versuche (Atkinson & Urwin, 2008).

Eine der zentralen Schlussfolgerungen und Empfehlungen des NFP 59 war, dass Feldversuche mit GVP für den Forschungsstandort Schweiz wichtig sind und ihre Durchführung ermöglicht werden muss, indem die hohen Kosten für Sicherheitsvorkehrungen durch das Einrichten von gesicherten Versuchsfeldern, sogenannten Protected Sites, nicht mehr zu Lasten der Forschungsgelder gehen (Bernauer *et al.*, 2011; Leitungsgruppe des NFP 59, 2012). Daraufhin wurde der Bau und der Betrieb einer «Protected Site» am Agroscope-Standort Reckenholz als Forschungsinfrastruktur in die Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Innovation (BFI-Botschaft) von 2013 aufgenommen, welche die Eidgenössischen Räte 2012 annahm. Der Betrieb einer Protected Site gehört seither zum Leistungsauftrag von Agroscope und wird mit einem jährlichen Budget von 750000 Franken von der öffentlichen Hand finanziert. Die Schweizer Stimmberechtigten beschlossen 2005 ein fünfjähriges Moratorium für den kommerziellen Anbau von GVP. Es wurde vom Parlament seither dreimal verlängert, zuletzt bis Ende 2021. Im November 2020 hat der Bundesrat vorgeschlagen, das Moratorium um weitere

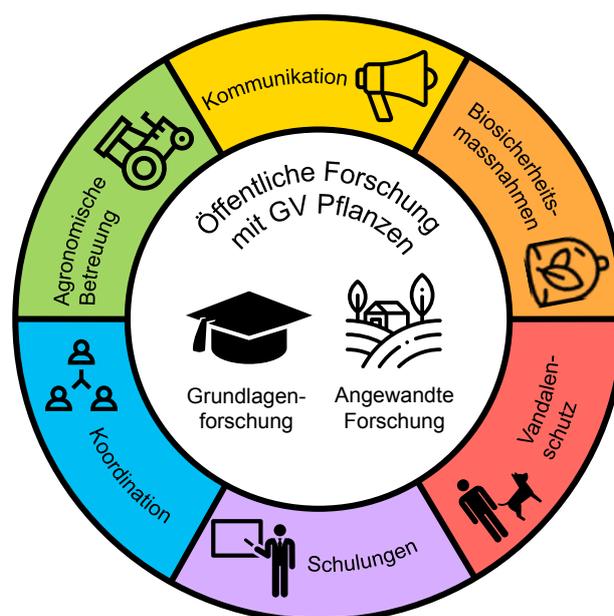


Abb. 1 | Aufgaben von Agroscope als Betreiber der Protected Site. (Icons: www.freepik.com und www.cleanpng.com)

vier Jahre zu verlängern. Die Forschung, einschliesslich Feldversuche, ist von diesem Moratorium explizit ausgeschlossen, unter anderem um die Vor- und Nachteile von GVP erforschen zu können und die Forschungsfreiheit in der Schweiz im Bereich der Pflanzenforschung zu sichern.

Welche Leistungen erbringt die Protected Site?

Agroscope hat die Protected Site auf ihrem Versuchsland am Standort Reckenholz (ZH) aufgebaut und im März 2014 in Betrieb genommen. Neben der Funktion als Betreiberin dieser Versuchsplattform agiert Agroscope auch als Nutzerin. Als Betreiberin hat Agroscope mehrere Aufgaben (Abb. 1): Zuallererst stellt es den Schutz des Versuchsfeldes mittels Umzäunung, permanenter Bewachung und Überwachung sowie einem Alarmsystem sicher. Das Betreiben der Protected Site beinhaltet auch die agronomische Grundbetreuung der Feldversuche, zum Beispiel Bodenbearbeitung, Saat, Düngung, Ernte und Pflanzenschutzbehandlungen. Agroscope ist zudem stark involviert in die Umsetzung der Biosicherheitsmassnahmen. Dies sowohl mittels obligatorischer Schulungen der Personen, die in den Feldversuchen arbeiten, als auch durch Massnahmen im Feld, wie das Reinigen von Maschinen und Geräten oder das Spannen von Vogelschutznetzen. Durch die Feldversuche auf der Protected Site können in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und weiteren Stellen Erfahrungen im Vollzug der gesetzlichen Vorschriften gewon-

nen, in der Versuchspraxis die Umsetzung der verfügbaren Biosicherheitsmassnahmen geprüft und offene Fragen auf wissenschaftlicher Basis beantwortet werden.

Die technische und wissenschaftliche Koordination (Versuchsplanung und fachlicher Austausch zwischen den verschiedenen Forschungsgruppen) liegt ebenfalls in der Verantwortung des Betreibers. Agroscope übernimmt überdies eine wichtige Rolle in der Kommunikation, indem es, in Absprache und Zusammenarbeit mit den Forschenden, die Öffentlichkeit durch Medienmitteilungen, Führungen und über eine eigene Website (www.protectedsite.ch) informiert. Die Protected Site hat sich in Folge dessen auch als Anlaufstelle für Medienschaffende zum Thema Gentechnik entwickelt.

Feldversuche auf der Protected Site

Das rund drei Hektaren grosse Areal der Protected Site ist unterteilt in eine komplett eingezäunte Anlage (23 Aren), die für Versuche mit GV Apfelbäumen errichtet wurde, sowie vier Teilflächen von durchschnittlich 60 Aren, die für Ackerkulturen genutzt werden können. Bisher wurden jedes Jahr auf zwei dieser vier Teilflächen GVP angebaut und eine vierjährige Fruchtfolge sichergestellt. Das Einhalten einer möglichst praxisnahen Fruchtfolge ist wichtig, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und praxisrelevante Resultate zu generieren. Ausserdem müssen die Flächen so genutzt werden, dass die in der jeweiligen Freisetzungsbewilligung festgelegten Auflagen bezüglich Nachbehandlung der Versuchs-

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Zielmerkmal
						Mais	Pilz-Resistenz
						Gerste	Pilz-Resistenz
			Winterweizen				Ertragssteigerung
		Apfelbäume					Feuerbrand-Resistenz
	Kartoffeln						Krautfäule-Resistenz
Sommerweizen							Mehltau-Resistenz

Abb. 2 | Zeitraum der Feldversuche, Kultur und Zielmerkmal der verwendeten GVP, die bisher auf der Protected Site untersucht wurden.

fläche (z. B. Monitoring von Durchwuchs) erfüllt werden können. Dies setzt einer gleichzeitigen Nutzung aller vier Flächen für GVP-Versuche enge Grenzen bzw. verunmöglicht diese.

Die Anzahl Feldversuche mit GVP auf der Protected Site nahm zu Beginn rasch zu und seit 2017 laufen parallel jeweils vier Projekte (Abb. 2). Beim Feldversuch mit gentechnisch verändertem Winterweizen (Abb. 2) wurde untersucht, ob das Verwenden eines Gens aus Gerste für den Zuckertransport das Ertragspotenzial von Weizen erhöhen kann. Bei allen anderen Versuchen ging bzw. geht es um die Erforschung der Krankheitsresistenz von Pflanzen. Beim GV-Sommerweizen sollen weitere Erkenntnisse über die Funktionsweise von Mehltau-Resistenzgenen und deren Kombination gewonnen werden. In GV-Gerste und -Mais wird die Wirkung einer sehr breiten und äusserst dauerhaften Resistenz aus Weizen geprüft. Durch diese drei Studien will man die vielfältigen Wechselwirkungen von Pflanzen und Pathogenen besser verstehen und einen Beitrag zur Grundlagenforschung über die Krankheitsresistenz von Kulturpflanzen leisten. In der eingensetzten Anlage wurden cisgene¹ Apfelbäume mit einer Feuerbrandresistenz aus einem Wildapfel untersucht, um grundsätzliche Fragen zu deren Wirksamkeit und zu möglichen unbeabsichtigten Auswirkungen der eingefügten Resistenz nachzugehen. Etwas anwendungsorientierter bzw. schon näher an einem kommerziellen Produkt sind die cisgenen¹ Kartoffel-Linien, bei denen die Resistenz gegen den Erreger der Kraut- und Knollenfäule verbessert wurde (siehe Kasten und Abb. 3).

Herausforderungen von Feldversuchen mit GVP

GVP fallen unter das Gentechnikgesetz (GTG) und ihre Freisetzung ist in der Freisetzungsverordnung (FrSV) geregelt. Feldversuche mit GVP sind bewilligungspflichtig und ein entsprechendes Gesuch muss beim Bundesamt für Umwelt (BAFU) eingereicht werden (Abb. 4). Ein solches Gesuch ist umfangreich (meist um die 80 Seiten) und erfordert Spezialwissen in den Bereichen der Biologie (v. a. Molekularbiologie, Botanik und Ökologie) und Agronomie (Pflanzenbau und Züchtung) sowie juristische Grundkenntnisse. Mit dem Weizen-Feldversuch von 2004 leistete der ETH-Forscher und Versuchsleiter Christof Sautter wertvolle Vorarbeit durch den ersten

¹ Cisgenen Pflanzen wurden mittels gentechnischen Methoden ausschliesslich Gene aus der gleichen oder einer kreuzbaren Art übertragen. Diese Gene hätte man auch mit klassischer Kreuzzüchtung einbringen können. Die Cisgenese, d. h. die Herstellung cisgener Pflanzen, zählt zu den sogenannten neuen Pflanzenzüchtungsmethoden.

Feldversuch auf der Protected Site mit cisgenen Krautfäule-resistenten Kartoffeln

Auf der Protected Site wurde von 2015 bis 2019 ein Feldversuch mit cisgenen¹ Kartoffeln durchgeführt. Die cisgenen Kartoffeln tragen bis zu drei Resistenzgene aus Wildkartoffelarten gegen den Erreger der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*). Eine Kombination von mehreren Resistenzgenen vermittelte eine vollständige Resistenz über alle Versuchsjahre hinweg, womit die Resultate aus ähnlichen Feldversuchen in Holland und Belgien bestätigt werden konnten (Haesaert *et al.*, 2015; Haverkort *et al.*, 2016). Während im kommerziellen Kartoffelanbau in der Schweiz die Pflanzen im Schnitt 7–8 Mal mit Pflanzenschutzmitteln gegen Kraut- und Knollenfäule behandelt werden müssen, um sie vor dem aggressiven Erreger zu schützen (SCNAT, 2018), zeigten die cisgenen Linien auch ohne Pflanzenschutz keinerlei Krankheitssymptome in diesen Versuchen (Abb. 3). Da eine Kombination von mehreren Resistenzgenen für den Krankheitserreger schwer zu durchbrechen ist, könnten sie ohne die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln angebaut werden und so gleichzeitig Ertragsverluste und Pflanzenschutzmitteleinsatz im Kartoffelanbau massiv reduzieren.



Abb. 3 | Feldversuch mit cisgenen Kartoffelpflanzen auf der Protected Site. Im ganzen Versuch wurde auf das Spritzen von Fungiziden verzichtet. Links der Bildmitte ist eine Reihe der Sorte Atlantic zu sehen, die stark mit Krautfäule befallen ist. Rechts davon steht eine Reihe mit cisgener Atlantic, die dank der beiden Resistenzgene *Rpi-vnt1* und *Rpi-sto1* aus Wildkartoffeln komplett resistent ist. (Foto: Susanne Brunner, Agroscope)

Freisetzungsantrag unter der 1999 in Kraft getretenen FrSV, der dann als Vorlage für die drei NFP-59-Freisetzungsanträge diente. Trotz der zunehmenden Zahl an Beispielen nimmt das Erstellen eines neuen Gesuchs noch immer etwa fünf bis sechs Personenmonate eines wissenschaftlichen Mitarbeiters in Anspruch.

Im Vergleich zu Feldversuchen ohne GVP muss also eine erhebliche Vorarbeit durch das Erarbeiten eines Freisetzungsgesuchs geleistet werden. Die Bewilligungspflicht hat noch zwei weitere Folgen: Erstens vergehen nach Gesuchseinreichung erfahrungsgemäss sechs bis sieben Monate, bis ein Bewilligungsentscheid vorliegt und frühestens mit dem Feldversuch begonnen werden kann. Während dieser Zeitspanne prüft das BAFU die Vollständig-

keit des Gesuchs und publiziert den Gesuchseingang im Bundesblatt, womit die Fristen für Stellungnahmen von drei weiteren Bundesämtern, zwei Eidgenössischen Fachkommissionen, einer kantonalen Fachstelle sowie von der Öffentlichkeit zu laufen beginnen. Nach Fristenablauf prüft das BAFU sämtliche eingegangenen Stellungnahmen und allfällige Parteistellungsanträge², führt eine abschliessende Beurteilung durch und verfasst den Entscheid mit der allfälligen Verfügung (Abb. 4). Eine

²Parteistellung ist die Beteiligung an einem gerichtlichen oder behördlichen Verfahren. Das Verwaltungsverfahrensgesetz legt fest, dass eine Parteistellung die Parteifähigkeit (Rechtsfähigkeit) sowie ein Rechtsschutzinteresse voraussetzt. Sie wird fallweise festgestellt. Schutzwürdige Interessen in Zusammenhang mit Feldversuchen mit GVP sind beispielsweise, durch die Feldversuche mit GVP keine gesundheitlichen oder wirtschaftlichen Schäden oder keine Umweltschäden am Grundeigentum zu erleiden.

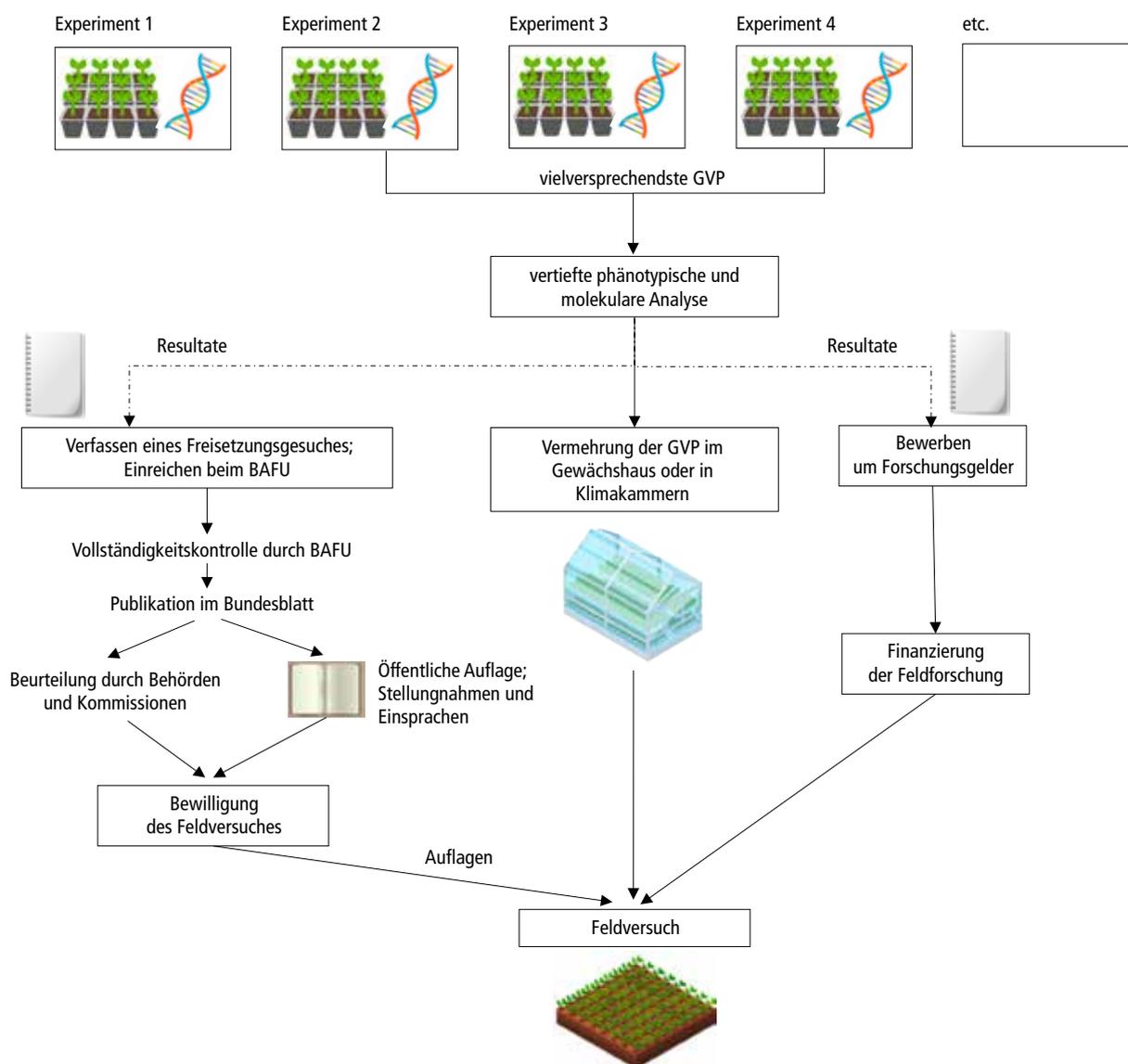


Abb. 4 | Erforderliche Vorbereitungsarbeiten für die Durchführung eines Feldversuchs mit GVP (BAFU: Bundesamt für Umwelt). (Icons: www.freepik.com, desigt von Macrovector)

Verzögerung von wenigen Wochen in diesen Prozessen kann bedeuten, dass der Saat- oder Pflanzzeitpunkt verpasst wird und erst im Folgejahr gestartet werden kann. Ebenfalls relevant für die Vorbereitung eines Freisetzungsvorganges ist, dass im Bewilligungsprozess besonders betroffenen Personen eine Parteistellung gewährt wird, d. h. diese Personen können gegen den Versuch und gegen den Entscheid des BAFU Einspruch erheben. Bisher wurden bei drei Versuchen Parteistellungsrechte geltend gemacht. Bei allen drei Fällen verlängerte sich das Bewilligungsverfahren deutlich, sodass jeweils erst eine Feldsaison später als geplant mit den Versuchen begonnen werden konnte.

Trotz der Unsicherheit, ob und wann ein Freisetzungsvorgang bewilligt wird, sollten Forschende die Prozesse der Freisetzung-Gesuchstellung, die Beschaffung der Finanzmittel sowie die Vermehrung der GVP idealerweise parallel starten, um nicht Zeit zu verlieren (Abb. 4). Dies ist in einem klassischen Forschungsprojekt allerdings meist schwer durchführbar.

Wird nach der Prüfung des Gesuches eine Freisetzungsbewilligung erteilt, ist diese immer an Auflagen geknüpft. Diese haben das Ziel, die Wahrscheinlichkeit zu minimieren, dass GVP ausserhalb des Versuchsfeldes oder gar in die Nahrungskette gelangen. Je nach Versuch müssen aufgrund dieser verfügbaren Massnahmen kleinere bis grössere Kompromisse in den wissenschaftlichen Untersuchungen eingegangen werden. Bei den GV-Apfelbäumen musste beispielsweise das Blühen, beziehungsweise das Verbreiten ihres Pollens, verhindert werden. Es dürfen zwar einzelne Äpfel durch das Entfernen der Staubbeutel und anschliessender Handbestäubung der Blüten mit Nicht-GV-Pollen produziert werden, Fruchtertragsdaten können aber unter diesen Voraussetzungen nicht erhoben werden.

Eine Besonderheit in der Schweiz ist, dass Feldversuche mit GVP, die einen Antibiotikaresistenzmarker (ARM)³ tragen, verboten sind, wenn das entsprechende Antibiotikum in der Human- oder Veterinärmedizin verwendet wird. Dadurch werden viele GVP von Feldversuchen in der Schweiz ausgeschlossen. Die internationale Zusammenarbeit wird damit in diesem Bereich für Schweizer Forschende deutlich eingeschränkt. Bislang musste in mindestens drei Projekten auf einen Freisetzungsantrag für die Protected Site verzichtet werden.

³ Selektionsmarker werden während der Herstellung von GVP gebraucht. Sie verleihen den Zellen eine Eigenschaft, die es den Forschenden erlaubt, den Bruchteil der Zellen, welche die einzuführenden Gene auch wirklich tragen, effizient zu selektieren. Danach haben diese Marker keine Funktion mehr. Am häufigsten wird eine Resistenz gegen Antibiotika oder eine Toleranz gegen Herbizide verwendet.

Fazit und Ausblick

Auf der Protected Site werden bzw. wurden bisher sechs mehrjährige Feldversuche mit GVP durchgeführt. Alle Versuche sind bislang ungestört verlaufen und konnten neues Grundlagenwissen und Erkenntnisse für die landwirtschaftliche Anwendung generieren. Mit der Protected Site konnte auch die beabsichtigte Entlastung der Versuchsansteller bei der Umsetzung der Biosicherheitsauflagen, der Koordination und der Kommunikation erreicht werden. Insgesamt wird so der Forschungsgemeinschaft eine funktionierende Plattform zu Verfügung gestellt, die verlässlich Freilandforschung ermöglicht und gleichzeitig die Öffentlichkeit transparent informiert und einen unkomplizierten Zugang für interessierte Kreise bzw. Medien schafft – ganz im Sinne eines Schaufensters in die Forschung mit GVP.

In den nächsten Jahren wird die Feldforschung mit GVP dadurch beeinflusst, ob und wie das 2021 auslaufende Moratorium für den Anbau von GVO in der Schweiz verlängert wird. Wenngleich die Feldforschung bei einer Verlängerung weiterhin möglich bleibt, wäre die anwendungsorientierte Forschung aufgrund fehlender Perspektiven weniger interessant. Heute sind eine ganze Reihe neuer Methoden, allen voran die Genom-Editierungsverfahren (z. B. CRISPR/Cas), für die Pflanzenzüchtung verfügbar. Sämtliche mit diesen Methoden hergestellten Pflanzen unterstehen in der Schweiz und auch in der EU aktuell der Gentechnikgesetzgebung. Von der nationalen und internationalen Wissenschaftsgemeinschaft wird allerdings eine Differenzierung gefordert, da diese Werkzeuge äusserst vielfältig angewendet werden können, vom transgenen Einsatz bis zu naturidentischer Mutationszüchtung. Auf internationaler Ebene werden aktuell mindestens 140 marktorientierte Nutzpflanzen mittels Genom-Editierung entwickelt (Menz *et al.*, 2020). In vielen Ländern sind heute Pflanzen, die mittels dieser Techniken verändert wurden, ohne dabei fremde Erbinformation aufzunehmen, nicht als GVO eingestuft, und es ist zu erwarten, dass die Zulassung solcher Sorten in diesen Märkten stark ansteigen wird. Die Genom-Editierungsverfahren sind heute sowohl in der grundlagenorientierten als auch angewandten Forschung nicht mehr wegzudenken und verhelfen auch der Kulturpflanzenforschung zu einem Erkenntnisschub. Genom-editierte Pflanzen werden daher in naher Zukunft auch auf der Protected Site erforscht werden. ■

Dank

Wir danken Moritz Camenzind für das Entwerfen der Abbildung 1.

Literatur

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2018). Neue Ansätze für den Schutz von Kartoffeln gegen die Kraut- und Knollenfäule. *Swiss Academies Fact-sheet* **13** (1).
- Atkinson, H.J., & Urwin, P.E. (2008). Europe needs to protect its transgenic crop research. *Nature* **453**, 979.
- Bernauer, T., Tribaldos, T., Luginbühl, C., & Winzeler, M. (2011). Government regulation and public opposition create high additional costs for field trials with GM crops in Switzerland. *Transgenic Research* **20**, 1227–1234.
- Fisch, F. (2013). Ein Versuch. Genforschung zwischen den Fronten. Helden Verlag.
- Foetzki, A., Winzeler, M., Boller, T., Felber, F., Gruissem, W., Keel, C., Keller, B., Mascher, F., Maurhofer, M., Nentwig, W., & Romeis, J. (2011). Freilandversuche mit gentechnisch verändertem Weizen mit Mehltaresistenz. *Agrarforschung Schweiz* **2**, 446–453.
- Gómez-Galera, S., Twyman, R.M., Sparrow, P.A., Van Droogenbroeck, B., Custers, R., Capell, T., & Christou, P. (2012). Field trials and tribulations – making sense of the regulations for experimental field trials of transgenic crops in Europe. *Plant Biotechnology Journal* **10**, 511–523.
- Haesaert, G., Vossen, J.H., Custers, R., De Loose, M., Haverkort, A., Heremans, B., Hutten, R., Kessel, G., Landschoot, S., Van Droogenbroeck, B., Visser, R.G.F., & Gheysen, G. (2015). Transformation of the potato variety Desiree with single or multiple resistance genes increases resistance to late blight under field conditions. *Crop Protection* **77**, 163–175.
- Haverkort, A.J., Boonekamp, P. M., Hutten, R., Jacobsen, E., Lotz, L.A.P., Kessel, G.J.T., Vossen, J.H., & Visser, R.G.F. (2016). Durable late blight resistance in potato through dynamic varieties obtained by cisgenesis: Scientific and societal advances in the DuRPh project. *Potato Research* **59**, 35–66.
- ISAAA (2019). Global status of commercialized biotech/GM crops in 2019. *ISAAA Brief* No. 55. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, pp. 14.
- James, C., & Krattiger, A.F. (1996). Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants: 1986 to 1995. The first decade of crop biotechnology. ISAAA Briefs No. 1. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, pp. 31.
- Kuntz, M. (2012). Destruction of public and governmental experiments of GMO in Europe. *GM Crops & Food* **3**, 258–264.
- Leitungsgruppe des NFP 59 (2012). Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen. Programmsynthese des Nationalen Forschungsprogramms 59. vdf Hochschulverlag.
- Malnoë, P., Farinelli, L., Collet, G.F., & Reust, W. (1994). Small-scale field tests with transgenic potato, cv. Bintje, to test resistance to primary and secondary infections with potato virus Y. *Plant Molecular Biology* **25**, 963–975.
- Martineau, B. (2001). First Fruit: The creation of the Flavr Savr tomato and the birth of biotech foods. McGraw-Hill.
- Mascher, F., Matasci, C., Kneubuehler, Y., Kellenberger, S., Diaz Quijano, C., Keller, B., Sautter, C., & Schori, A. (2012). Die Resistenz transgener Weizenlinien gegen Pilzkrankheiten im Feldversuch. *Agrarforschung Schweiz* **3**, 298–305.
- Menz, J., Modrzejewski, D., Hartung, F., Wilhelm, R., & Sprink, T. (2020). Genome edited crops touch the market: A view on the global development and regulatory environment. *Frontiers in Plant Science* **11**, 586027. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.586027>
- Romeis, J., Meissle, M., Brunner, S., Tschamper, D., & Winzeler, M. (2013). Plant biotechnology: Research behind fences. *Trends in Biotechnology* **31**, 222–224.
- Schlaich, T., Urbaniak, B.M., Malgras, N., Ehler, E., Birrer, C., Meier, L., & Sautter, C. (2006). Increased field resistance to *Tilletia caries* provided by a specific antifungal virus gene in genetically engineered wheat. *Plant Biotechnology Journal* **4**, 63–75.
- Schlaich, T., Urbaniak, B., Plissonnier, M.L., Malgras, N., & Sautter, C. (2007). Exploration and Swiss field-testing of a viral gene for specific quantitative resistance against smuts and bunts in wheat. In Fiechter A., Sautter C. (eds.), *Green Gene Technology. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* **107**. Springer.