

1. Einleitung

Der Apfel (*Malus x domestica* Borkh.) gehört neben verschiedenen Zitrusarten, Tafeltrauben und der Bananen zu den wichtigsten Obstarten weltweit und ist die wichtigste Obstart der gemäßigten Klimazone. Seine züchterische Bearbeitung reicht bis in das Mittelalter zurück. Bereits im 16. Jahrhundert waren Apfelsorten wie z.B. ‚Goldparmäne‘, ‚Weißer Winterkalvill‘, ‚Königlicher Krummstiel‘ und ‚Backapfel‘ bekannt (Höfer, 2006). Bis zum 18. Jahrhundert war die Apfelerzeugung durch bäuerlichen Obstbau geprägt und diente vorwiegend der Eigenversorgung. Durch den gesteigerten Obstbedarf erlebte die Apfelzüchtung mit Beginn des 19. Jahrhunderts einen starken Aufschwung. Dadurch sind zahlreiche Apfelsorten mit immer besseren Fruchtqualitätsmerkmalen entstanden (Höfer, 2006).

In der Apfelzüchtung spielen neben der Fruchtqualität Eigenschaften, wie Ertragshöhe und -sicherheit, Lagerfähigkeit und die Resistenz gegenüber Krankheitserregern eine wichtige Rolle. Für die Realisierung dieser Zuchtziele wird in der klassischen Züchtung die Kombinationszüchtung angewendet. Dabei werden ausgewählte Muttersorten mit dem Pollen ausgewählter Vatersorten bestäubt. Durch diese gezielten Kreuzungen sollen die gewünschten Eigenschaften der Elternsorten in einer Nachkommenschaft kombiniert werden. Da sich mit einer Kreuzung nicht alle Ziele gleichzeitig erreichen lassen, sind in der Regel zusätzliche Rückkreuzungen erforderlich. Die Vererbung der Eigenschaften erfolgt dabei zufällig auf die Nachkommen, so dass eine umfassende und stufenweise Auslese innerhalb der Nachkommenschaft notwendig ist. Aufgrund dieser langjährigen Selektion, der langen Generationszeiten des Apfels, der aufwändigen Rückkreuzungsprogramme und Anbauversuche kann die Entwicklung einer neuen Apfelsorte leicht 20 Jahre und mehr betragen.

Durch die Entwicklung der gentechnischen Methoden besteht die Möglichkeit die klassische Züchtung effektiver zu gestalten. Im Rahmen dieser Techniken wurde die markergestützte Selektion entwickelt. Diese erlaubt die frühzeitige Selektion geeigneter Nachkommen, da gewünschte genetische Eigenschaften schon bei Sämlingen identifiziert werden können. Damit kann der Züchtungsaufwand erheblich verkürzt werden. Weiterhin bieten gentechnische Methoden die Möglichkeit der gezielten Integration von einzelnen Genen in eine Sorte, so dass die sortentypischen Merkmale nicht verändert werden. Auf die wechselnde Anforderung des Obstbaus kann damit schneller reagiert werden, ohne einen langwierigen Züchtungsprozess zu durchlaufen. Bereits seit Ende der 1980er Jahre werden viele Anstrengungen unternommen Obstsorten gentechnisch zu verändern. Seit den frühen 1990er Jahren wurden weltweit

53 Freisetzungsversuche mit transgenen Apfelpflanzen durchgeführt¹. Bislang werden jedoch noch keine gentechnisch veränderten Obstsorten kommerziell genutzt (Petri und Burgos, 2005). Beim Apfel liegt das besondere Augenmerk der gentechnischen Veränderung auf einer Erhöhung der Resistenzeigenschaften gegenüber bakteriellen und pilzlichen Schaderregern, wie Feuerbrand, Mehltau und Schorf.

Neben der kommerziellen Nutzbarkeit von gentechnisch veränderten Pflanzen ist auch die Beurteilung der ökologischen Auswirkungen ein wichtiger Forschungsaspekt. Dabei wird unter anderem bei einer Freisetzung die Verbreitung von transgenem Erbgut durch Auskreuzung untersucht. Voraussetzung für eine Hybridisierung ist das Vorhandensein geeigneter Kreuzungspartner. Beim Apfel wird die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung als hoch eingeschätzt, da mit anderen Kulturapfelsorten und verwandten Wildarten geeignete Kreuzungspartner zur Verfügung stehen. Weiterhin handelt es sich bei dem Apfel um einen Fremdbefruchter, wobei die Bestäubung durch Insekten erfolgt. Aus diesem Grund ist mit einer hohen Auskreuzungswahrscheinlichkeit zu rechnen. Für die Fortpflanzung des Apfels spielt der vertikale Gentransfer eine untergeordnete Rolle, da Apfelsorten nicht durch Kreuzung, sondern vegetativ durch die Veredelung von Reiser auf eine Unterlage vermehrt werden.

Eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung von gentechnisch veränderten Pflanzen ist die Stabilität der Integration und Expression der transformierten Gene. Verschiedene Studien an transgenen Gehölzen berichten über eine Instabilität des transgenen Merkmals im Laufe der Pflanzenentwicklung (Hönicka und Fladung, 2006). Vor allem während der Gewächshaus- und Freilandkultivierung gibt es keinen Selektionsdruck für das Marker- oder Zielgen, so dass Instabilitäten unerkannt bleiben (Flachowsky et al., 2008). Im Rahmen von biologischen Sicherheitsmaßnahmen kann die Stabilität eines transgenen Merkmals jedoch von großer Bedeutung sein, wenn z.B. die Auskreuzung durch eine gentechnische Veränderung der betreffenden Pflanze verhindert wird. Dabei werden beispielsweise ‚Sterilitätsgene‘ in die Pflanze integriert, die zu einer männlicher Sterilität oder Parthenokarpie führen (Fladung, 2006). Durch diese gentechnische Veränderung soll eine Hybridisierung zwischen transgenen und nicht transgenen Pflanzen verhindert werden. Wird dieses Gen jedoch instabil und wird stillgelegt, kann es zu einer Auskreuzung kommen. Aufgrund der Langlebigkeit von Gehölzen ist die Wahrscheinlichkeit von Schwankungen in der Transgenexpression größer als bei einjährigen Kulturarten. Die Stabilität des transgenen Merkmals stellt deshalb einen wichtigen Schwerpunkt innerhalb der Sicherheitsforschung dar.

¹ <http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/18.apfel.html>; Stand: Februar 2008

Wie bereits erwähnt werden Apfelsorten nicht durch Hybridisierung zweier Elternsorten vermehrt, sondern vegetativ. Dabei werden von einer Muttersorte Reiser geschnitten, die auf Unterlagen veredelt werden. Es stellt sich die Frage, ob es zu einem Transport von Transgenprodukten über die Veredelungsstelle kommen kann. Für die Sicherheitsforschung ist diese Fragestellung von Bedeutung, da möglicherweise das Auskreuzungsrisiko durch die Kombination von transgenen und nicht transgenen Veredelungskomponenten verringert werden könnte. Im Falle eines Transports von Transgenprodukten über die Veredelungsstelle wäre es beispielsweise möglich die Resistenz eines Apfelbaumes durch den Einsatz einer Resistenz bringenden, gentechnisch veränderten Unterlage zu erhöhen. Das Transgenprodukt würde im nicht transgenen Edelreis wirken, da es aus der Unterlage transportiert würde. Da das Edelreis selbst nicht gentechnisch verändert ist, wäre das Risiko einer Auskreuzung nicht gegeben. Dagegen würden im Falle eines Verbleibs des Transgenprodukts in der gentechnisch veränderten Unterlage andere Bedenken entfallen. Beispielsweise wäre das Risiko, dass das Transgenprodukt in die Früchte gelangt, gering. Bedenken von Verbrauchern über den Konsum von transgenen Lebensmitteln würden sich damit erübrigen.

Zu diesem Zeitpunkt ist der Wissensstand über das Auskreuzungsverhalten und der Stabilität von Transgenen beim Apfel gering. Auch gibt es keine Kenntnisse über den Transport von Transgenen bzw. Transgenprodukten in Apfelgehölzen. Daher besteht in diesen Bereichen ein erhöhter Forschungsbedarf. Diese Arbeit wurde im Rahmen der biologischen Sicherheitsforschung durchgeführt und soll einen Beitrag zur Bewertung der Umweltverträglichkeit gentechnisch veränderter Apfelgehölze leisten. Mit den Untersuchungen sollte zum einen das potentielle Risiko der Übertragung von Genen durch transgenen Pollen auf nicht transgene Apfelgehölze bestimmt werden. Ziel war es die Auskreuzungsrate eines Apfelgenotyps auf umliegende Apfelsorten in Abhängigkeit von der räumlichen Entfernung abzuschätzen. Zum anderen sollten gentechnisch veränderte Apfelpflanzen nach der Phase der In-vitro-Kultur im Gewächshaus als unveredelte und veredelte Ex-vitro Pflanzen hinsichtlich der Stabilität der Integration und Expression der Zielgene geprüft werden. Weiterhin sollte ein möglicher Transport von Transgenprodukten innerhalb des veredelten Apfelgehölzes untersucht werden.