



Bundesamt für Landwirtschaft  
Bundesamt für Umwelt



**-Öffentliche Anhörung-**

**Fragebogen  
über die neuen  
Züchtungstechnologien**

----

**BLW/BAFU**

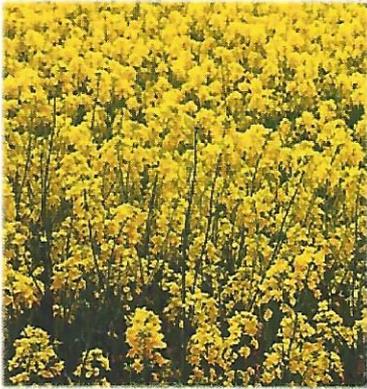
----

**2017**

Zugehörigkeit: .....

Fachbereich: .....

# Herbizidtoleranter Raps



**Technik:** Punktmutagenese (ODM)

**Ziel** ALS (Enzym der Aminosäuren-Synthese)

**Eigenschaft:**Herbizidtoleranter Raps (Imidazoline)

**Hersteller:**CIBUS, US-amerikanische KMU

## NUTZEN

Wo sehen Sie die Nutzungspotentiale? Für...

	Ohne	Klein	Mittel	Gross	Begründung
...den Landwirten					
... die Verarbeitung					
...die Konsumenten					
...die Industrie					
...die Forschung/Innovation ... die Umwelt					

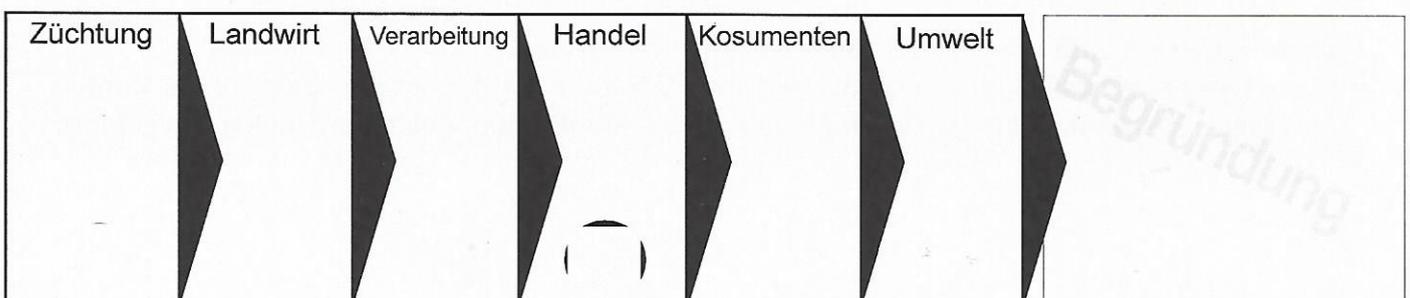
## RISIKO

Welche Risiken sehen Sie für dieses Beispiel und wie hoch beurteilen Sie diese?

Gross	<input type="text"/>	Begründung
Mittel	<input type="text"/>	
Klein	<input type="text"/>	
Ohne	<input type="text"/>	

## RÜCKVERFOLGBARKEIT

Für welchem Sektor in der Wertschöpfungskette ist die rückverfolgbarkeit notwendig?



# Herbizidtoleranter «CIBUS»-Raps



## Zoom-in: OgM (Oligonukleotid-gesteuerte Mutagenese)

Die OgM-Methode wurde vor 10–15 Jahren entwickelt und macht sich natürliche Reparatur-Mechanismen der DNA zunutze. Ein Oligonukleotid, das eine oder mehrere Mutationen aufweist, wird als «Modell» für die DNA-Reparatur verwendet. Das Oligonukleotid selbst wird nicht inseriert, aber das Genom wird verändert. Die Erfolgsquote der Veränderung durch OgM bleibt eher gering, und Techniken des Genome Editing mit spezifischen Nukleasen (Typ CRISPR/Cas9) sind dabei, diese Technik abzulösen. Einige kommerzielle Produkte, wie der hier als Beispiel angeführte Raps, wurden in den USA und Kanada jedoch für den Anbau bewilligt.

## Zoom-in: Resistenz gegenüber Imidazolinen (Herbizide)

Beim Raps der Firma CIBUS wurden zwei Punktmutationen (Substitution) in einem Gen vorgenommen, welches ein Protein kodiert, das für die Synthese von Aminosäuren verantwortlich ist: die Acetolactat-Synthase (ALS). Die ALS ist ein Enzym, das im Metabolismus der Pflanzen eine zentrale Rolle spielt und logischerweise als Ziel gewisser Herbizide wie den Sulfonylharnstoffen und den Imidazolinen dient. Mit den beiden Punktmutationen des CIBUS-Raps wird die Pflanze unempfindlich (resistent) gegenüber diesen Herbiziden. Diese Resistenzen treten bisweilen auf natürliche Art und Weise in Feldern auf, nach langem und intensivem Einsatz dieses Herbizids. Auch konventionelle Züchtungsprogramme haben bereits Sorten auf den Markt gebracht, die gegenüber Imidazoliden resistent sind (z. B. Sonnenblumen).

## In der Schweiz...

In der Schweiz wurde bisher kein Gesuch für die Vermarktung von CIBUS-Raps gestellt. Es ist kein Präzedenzfall einer Verwendung von OgM-Linien in der Schweiz bekannt. Es werden hingegen – konventionelle – herbizidtolerante Sorten (Rüben, Sonnenblumen) im Katalog geführt.

# Hornlose Kühe



**Technik:** Genome Editing (TALEN)

**Ziel:** POLLED, Gen für die Ausbildung der Hörner

**Eigenschaften:** Hornlose Holstein-Kühe  
(unter Wahrung des genetischen Hintergrunds der Rasse)

**Hersteller:** Recombinetics Inc. (USA)

## NUTZEN

Wo sehen Sie die Nutzungspotentiale? Für...

	Ohne	Klein	Mittel	Gross	Begründung
...den Landwirten					
... die Verarbeitung					
...die Konsumenten					
...die Industrie					
...die Forschung/Innovation					
... die Umwelt					

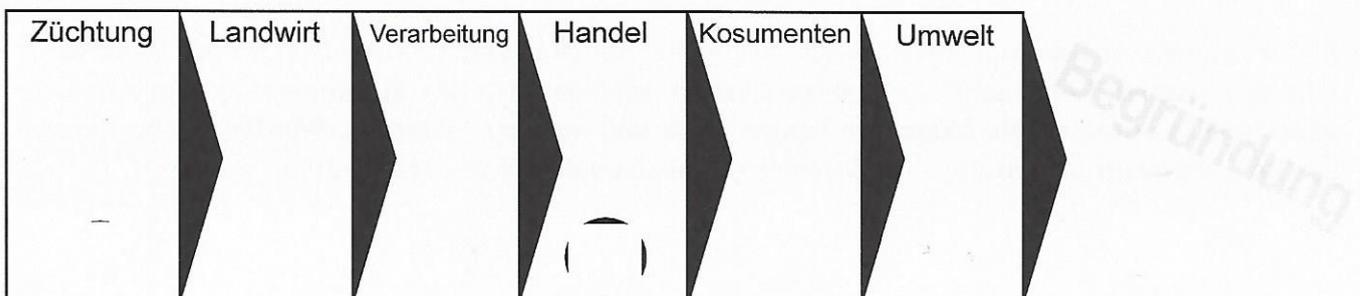
## RISIKO

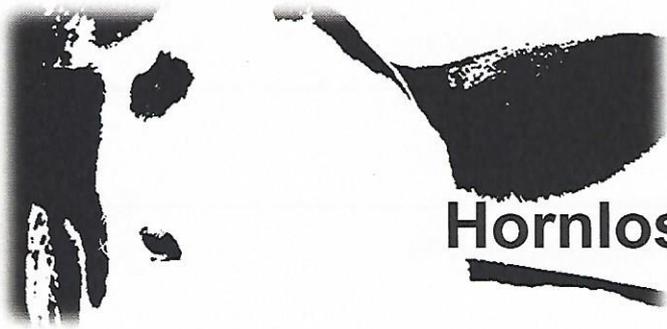
Welche Risiken sehen Sie für dieses Beispiel und wie hoch beurteilen Sie diese?

Gross	<input type="text"/>	Begründung
Mittel	<input type="text"/>	
Klein	<input type="text"/>	
Ohne	<input type="text"/>	

## RÜCKVERFOLGBARKEIT

Für welchem Sektor in der Wertschöpfungskette ist die rückverfolgbarkeit notwendig?





## Hornlose Kühe

### Zoom-in: Genome Editing mit TALEN

Mit Genome Editing werden alle Techniken der gezielten Mutagenese bezeichnet, d. h. die Verfahren, die eine Veränderung der DNA (Insertion, Substitution, Deletion) an einem präzisen Ort des Genoms ermöglichen. Es werden drei Gruppen von Techniken unterschieden: TALEN, Zinkfingernuklease und CRISPR/Cas9. Letztere ist am vielversprechendsten bezüglich Flexibilität und Kosten.

TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases) verwendet eine Gruppe von Nukleasen (Protein, das die DNA schneidet) und erfordert eine präzise Justierung der DNA-Sequenz, um eine grosse Spezifität zu erreichen. Aufgrund des aufwendigen Proteindesigns ist dieses Verfahren wenig rentabel, aber effizient.

### Zoom-in: Die Hörner in der Zucht und das POLLED-Gen

Unter gewissen Haltungsbedingungen werden Kühe enthornt, um Verletzungen zu vermeiden. Doch dieses Vorgehen wirft ethische Fragen auf. Manche Kuhrasen wurden konventionell auf Hornlosigkeit gezüchtet (Angus, Jersey etc.). In der Schweiz sind 73 % der Milchkühe hornlos. Ein Gen, das für die Ausbildung der Hörner verantwortlich ist (POLLED1), wurde identifiziert und seine Expression mittels Genome Editing unterdrückt. Der Vorteil dieser Technik besteht darin, dass im Gegensatz zur konventionellen Züchtung keine anderen Merkmale der Rasse verloren gehen («gene drag»).

### In der Schweiz...

In der Schweiz ist kein Tier bekannt, das aus gentechnischer Veränderung (GVO) oder Genome Editing entstand. Der rechtliche Rahmen sowie Massnahmen im Zusammenhang mit dem geistigen Eigentum von Nachkommen solcher Tiere sind noch zu definieren. Würden solche Tiere als GVO eingestuft, wären sie in der Schweiz gemäss Gentechnikgesetz verboten.

# Spray zur Bekämpfung der Varroa-Milbe



**Technik:** Silencing (RNA-Interferenz) als Spray

**Ziel:** Cocktail, der auf 5 Gene abzielt, die für die Entwicklung der Milbe Varroa zentral sind

**Eigenschaft:** Spray tötet Varroa-Milben, die in den Bienenschwärmen grossen Schaden anrichten

**Hersteller:** The Hebrew University of Jerusalem

## NUTZEN

Wo sehen Sie die Nutzungspotentiale? Für...

	Ohne	Klein	Mittel	Gross	Begründung
...den Landwirten					
... die Verarbeitung					
...die Konsumenten					
...die Industrie					
...die Forschung/Innovation ... die Umwelt					

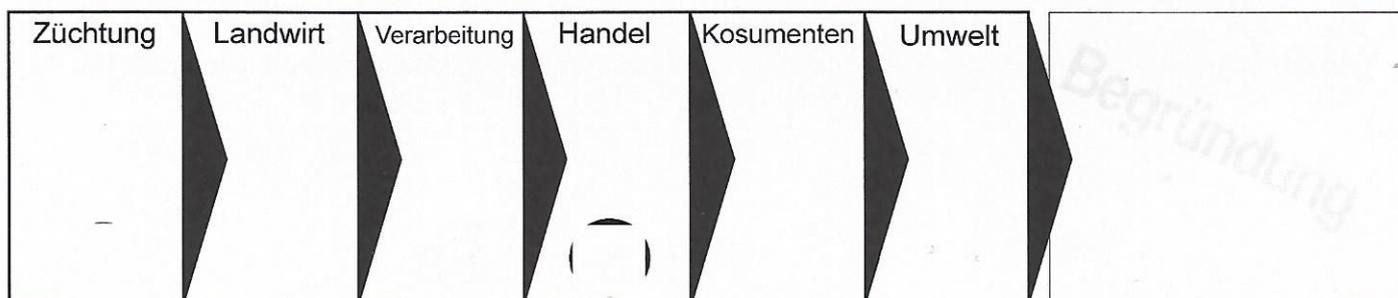
## RISIKO

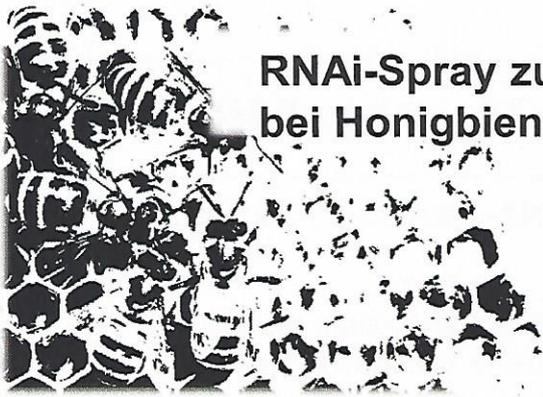
Welche Risiken sehen Sie für dieses Beispiel und wie hoch beurteilen Sie diese?

Gross	<input type="text"/>	Begründung
Mittel	<input type="text"/>	
Klein	<input type="text"/>	
Ohne	<input type="text"/>	

## RÜCKVERFOLGBARKEIT

Für welchem Sektor in der Wertschöpfungskette ist die rückverfolgbarkeit notwendig?





## RNAi-Spray zur Bekämpfung der Varroa-Milbe bei Honigbienen

### Zoom-in: RNA-Interferenz (RNAi)

Die RNA-Interferenz (RNAi) ist ein indirektes Verfahren zur Modifizierung der Genexpression. Es gibt zwei Mechanismen: Entweder bildet die stabile Integration eines DNA-Fragments die RNAi oder, wie hier, die RNAi wird direkt auf dem Ziel verwendet. Der Spray zur Bekämpfung der Varroa-Milbe wirkt nicht über die Insertion eines DNA-Fragments in das Genom, sondern integriert vorübergehend kleine RNA-Moleküle in die Zelle, um so in den Mechanismus der Proteinproduktion einzugreifen (Transkription) und die Expression eines Gens und schliesslich die Produktion des Proteins, das dieses Gen kodiert, zu reduzieren. Die RNAi macht sich die bestehende Zellmaschinerie, die für die Zellfunktion von Bedeutung ist, zunutze. Die Spezifität der verwendeten RNAi (20–23 Nukleotide) ist von ihrem Design und dem Zielorganismus abhängig.

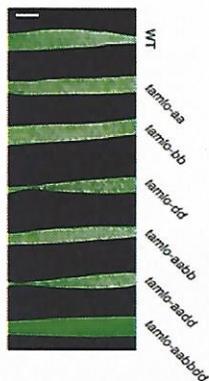
### Zoom-in: Die Varroa-Milbe, ein Parasit der Honigbiene

Die Varroa-Milbe ist ein Parasit der Honigbiene, der einschneidende Auswirkungen auf die Bienenschwärme hat und teilweise verantwortlich ist für das Syndrom des *Colony Collapse Disorder* (CCD). Die Bekämpfung der Varroa-Milbe erfolgt mittels sanitärischer Massnahmen, um die Infektionsrate in Grenzen zu halten, oder über die Züchtung wenig anfälliger Bienenarten. Die Varroa-Milbe bleibt für Winzer eine Bedrohung und eine Ausrottung dieses Parasits ist kurzfristig nicht möglich: Es werden Strategien angewandt, um die Schäden an den Bienenschwärmen einzuschränken.

### In der Schweiz...

In der Schweiz wird bisher kein Insektizidspray auf Basis von Nukleinsäure verkauft oder getestet.

# Gegenüber Echtem Mehltau resistenter Weizen



**Technik:** Genome Editing (CRISPR/Cas9)

**Ziel:** Gen, das für die Resistenz gegenüber Echtem Mehltau verantwortlich ist (MLO-A1)

**Eigenschaft:** Mutation auf drei Genomen von Weizen eines Gens, das für die Resistenz gegenüber Echtem Mehltau zentral ist

**Hersteller:** Pioneer Hi-Bred International Inc.

## NUTZEN

Wo sehen Sie die Nutzungspotentiale? Für...

	Ohne	Klein	Mittel	Gross	Begründung
...den Landwirten					
... die Verarbeitung					
...die Konsumenten					
...die Industrie					
...die Forschung/Innovation ... die Umwelt					

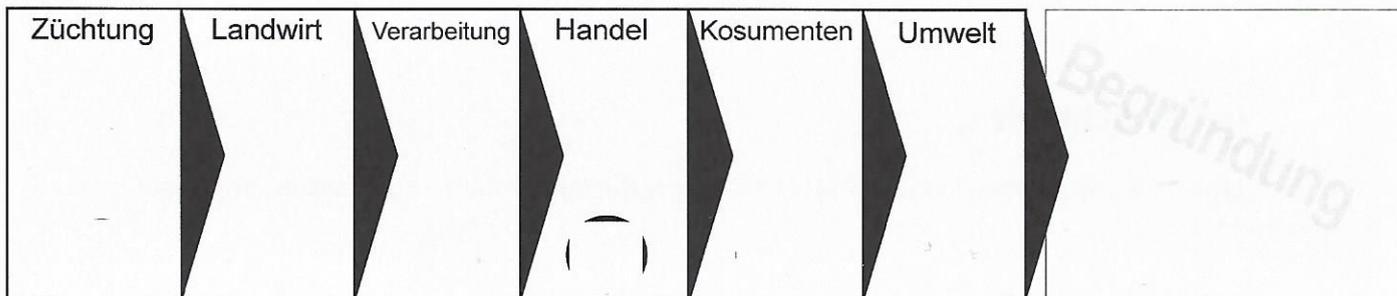
## RISIKO

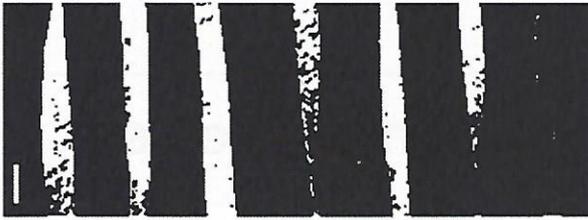
Welche Risiken sehen Sie für dieses Beispiel und wie hoch beurteilen Sie diese?

Gross	<input type="text"/>	Begründung
Mittel	<input type="text"/>	
Klein	<input type="text"/>	
Ohne	<input type="text"/>	

## RÜCKVERFOLGBARKEIT

Für welchem Sektor in der Wertschöpfungskette ist die rückverfolgbarkeit notwendig?





## Gegenüber Echtem Mehltau resistenter Weizen (MLO-A1)

### Zoom-in: Genome Editing mit CRISPR/Cas9

Mit Genome Editing werden alle Techniken der gezielten Mutagenese bezeichnet, d. h. die Verfahren, die eine Veränderung der ADN (Insertion, Substitution, an einem präzisen Ort des Genoms ermöglichen. Es werden drei Gruppen von Techniken unterschieden: TALEN, Zinkfinger-nuklease und CRISPR/Cas9. Letztere ist am vielversprechendsten bezüglich Flexibilität und Kosten.

Angesichts der äusserst schnellen Entwicklung des Genome Editing mittels CRISPR/Cas9 und vergleichbaren Instrumenten ist eine Prognose der weiteren Schritte in diesem Bereich sehr schwierig: Man geht davon aus, dass die Anpassungen spezifischer werden (z. B. Reduzierung unerwünschter Mutationen), sich vervielfachen und vielseitiger werden.

### Zoom-in: Echter Mehltau, bedeutender Krankheitserreger in Weizen

Der Echte Mehltau wird von *Blumeria graminis* verursacht und führt zu Blattläsionen in Weizen. Diese Pilzkrankung zählt zu den wichtigsten Faktoren für Qualitäts- und Ertragseinbussen (bis zu 25 % Ertragsrückgang, Quelle: USDA). Betroffen sind Pflanzen auf feuchten Parzellen, vor allem im Winter. Es gibt kaum bis keine Behandlungsmöglichkeiten.

Die Mutation des MLO-Gens (mildew-resistant locus) in Weizen ist ein besonderes Beispiel für die Anwendung des Genome Editing, da die drei Genome des Weizens (A, B und D) gleichzeitig verändert werden konnten, was in der konventionellen Züchtung sehr schwer zu schaffen wäre. Diese Dreifachmutation allein ermöglicht eine ausreichende Resistenz gegenüber dem Pilz, um daraus eine potenziell effiziente agronomische Charakteristik zu machen.



### In der Schweiz...

In der Schweiz wurde bisher keine mittels CRISPR produzierte Pflanze zugelassen, angebaut oder angemeldet.

# Glutenfreier Weizen



**Technique:** Genome Editing (CRISPR/Cas9)

**Cible:** Ein Enzym der Synthese der Gliadine n (Proteingruppe des Glutens) inaktivieren

**Propriété:** Die daraus resultierenden Produkte (Mehl etc.) sind glutenfrei oder weisen einen sehr geringen Glutengehalt auf

**Fabricant:** Institute for Sustainable Agriculture. Espagne

## NUTZEN

Wo sehen Sie die Nutzungspotentiale? Für...

	Ohne	Klein	Mittel	Gross	Begründung
...den Landwirten					
... die Verarbeitung					
...die Konsumenten					
...die Industrie					
...die Forschung/Innovation ... die Umwelt					

## RISIKO

Welche Risiken sehen Sie für dieses Beispiel und wie hoch beurteilen Sie diese?

Gross

Mittel

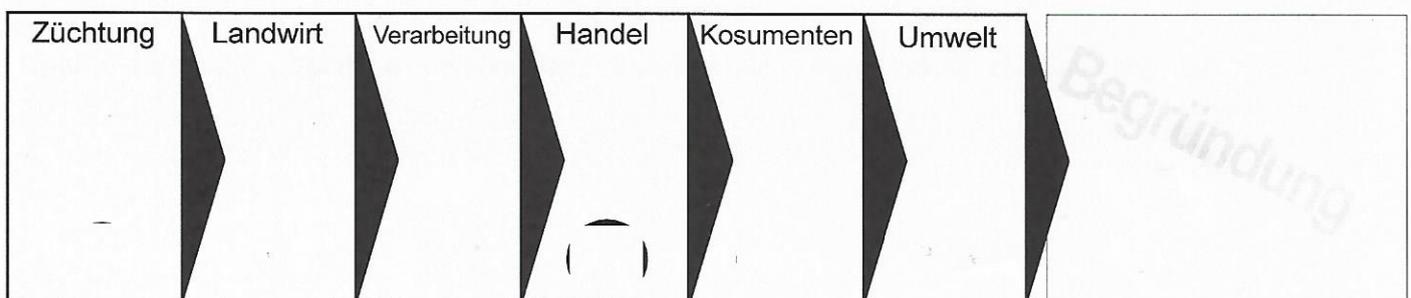
Klein

Ohne

Begründung

## RÜCKVERFOLGBARKEIT

Für welchem Sektor in der Wertschöpfungskette ist die rückverfolgbarkeit notwendig?





## Glutenfreier Weizen

### **Z**oom-in: Genome Editing mit CRISPR/Cas9

Mit Genome Editing werden alle Techniken der gezielten Mutagenese bezeichnet, d. h. die Verfahren, die eine Veränderung der ADN (Insertion, Substitution, an einem präzisen Ort des Genoms ermöglichen. Es werden drei Gruppen von Techniken unterschieden: TALEN, Zinkfingernuklease und CRISPR/Cas9. Letztere ist am vielversprechendsten bezüglich Flexibilität und Kosten.

Angesichts der äusserst schnellen Entwicklung des Genome Editing mittels CRISPR/Cas9 und vergleichbaren Instrumenten ist eine Prognose der weiteren Schritte in diesem Bereich sehr schwierig: Man geht davon aus, dass die Anpassungen spezifischer werden (z. B. Reduzierung unerwünschter Mutationen), sich vervielfachen und vielseitiger werden.

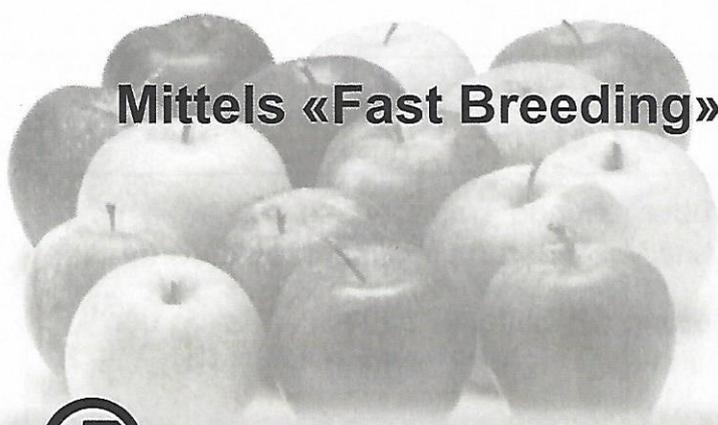
### **Z**oom-in: Zöliakie und glutenfreier Weizen

Bei der Verarbeitung von Weizen zu Brot ist eine ganze Reihe von Proteinen involviert, darunter das Gluten. Eine spezifische Gruppe von Gluten-Proteinen, die Gliadine, sind für die Intoleranz oder Allergie verantwortlich. Man schätzt, dass 1 % der Bevölkerung in Europa (und der Schweiz) an Beschwerden im Zusammenhang mit Gluten leiden. Der Sektor der «glutenfreien» Backwaren wächst in Europa jährlich um rund 7 %. Es bleibt abzuklären, wie bei vielen derartigen Lebensmitteln, ob eine vollständige Eliminierung von Gluten notwendig ist oder ob eine Reduktion des Gehalts ausreicht.

### **+** In der Schweiz...

In der Schweiz wurden bisher keine glutenfreien Weizenlinien bewilligt, registriert oder entwickelt.





## Mittels «Fast Breeding» gezüchtete Äpfel

### Zoom-in: Fast Breeding und entsprechende Techniken

Das Prinzip des «Fast Breeding» besteht darin, vorübergehend eine transgene Konstruktion zu verwenden, die im Endprodukt nicht mehr vorhanden ist. Das Transgen – oder die verwendete Veränderung des Genoms (es könnten auch andere Techniken zum Einsatz kommen) – beeinflusst den Blütezyklus des Baums. Für die Insertion des Transgens können alle «klassischen» Techniken der GVO-Produktion angewandt werden, wie beispielsweise die Insertion mittels *Agrobacterium*, die Kallus-Regeneration oder der Partikelbeschuss.

### Zoom-in: Der (lange) Prozess der Züchtung

Das Verfahren zur Züchtung einer Apfelsorte ist normalerweise langwierig aufgrund der langen juvenilen Phase (5–7 Jahre bevor die Sorten charakterisiert werden können). Mit der Entdeckung von für die Blüteninduktion verantwortlichen Genen (LFY, FT) wurde die Verwendung von Zwischensorten greifbar, die dieses Gen überexprimieren, um die Zeit zwischen den Generationen zu verkürzen. Das Endprodukt aus einer solchen Züchtung würde kein Transgen mehr enthalten, da die Konstruktion, die die Blütezeit beeinflusst, nach Abschluss des Züchtungsverfahrens mittels Kreuzung eliminiert wird. Das Endprodukt würde keine exogene DNA mehr enthalten.

Solche Strategien werden nur selten eingesetzt aufgrund 1) der Kapazität, transgene Pflanzen zu generieren, die für jede Sorte anders ist, 2) der geringen Wettbewerbskraft gegenüber den neuen Strategien des Genome Editing.

### In der Schweiz...

In der Schweiz wurde bisher keine Pflanze aus Fast Breeding bewilligt oder angebaut. Agroscope liess verlauten, dass Apfelbäume, die mittels «Fast Breeding» entwickelt wurden, im Prinzip «einsatzbereit» wären, beispielsweise für ein Forschungsprogramm im Zusammenhang mit Feuerbrand-Resistenz.