

# Sommergerstensorten fit für den Klimawandel

**Die kontinuierlich steigende Zahl der Weltbevölkerung führt zu einer wachsenden Nachfrage nach höherwertigen Lebensmitteln. Zusätzlich erfordern die Auswirkungen des Klimawandels die Entwicklung innovativer Strategien für eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion. Die Pflanzenforschung hat hierbei eine wegweisende Funktion.**

*Dr. Jennifer Groth, Dr. Markus Herz, Dr. Günther Schweizer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising*

Mit dem Klimawandel verändert sich das Wetter – es sind häufiger extreme Niederschläge, längere Trockenperioden und höhere Temperaturen im Sommer zu erwarten. Pflanzen sind durch diese Wetterextreme vermehrt Stress ausgesetzt. Die Herausforderung für die Zukunft wird sein, eine Pflanzenproduktion zu etablieren, welche sich an die durch den Klimawandel zu erwartenden Änderungen der Umweltparameter anpassen kann. Gleichzeitig darf die Erhöhung bzw. Stabilisierung der Erträge nicht zulasten der Umwelt und der Umweltverträglichkeit gehen. Der notwendige Verbrauch von Ressourcen wie Boden, Wasser, Düngemittel, Pflanzenschutz und Primärenergie muss minimiert werden.

## „BayKlimaFit“ mit vier Schwerpunkten

Im Rahmen des Projektverbundes BayKlimaFit beschäftigen sich vier Projekte speziell mit der Nutzpflanze Sommergerste, von der fast ein Drittel der deutschen Erzeugung aus Bayern kommt. Ein Team der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg forscht zum Thema „Hitze-



**Trockenstress spielt eine immer größere Bedeutung. Daher ist die Züchtung von stresstoleranten Sorten, vor allem bei Sommergerste, besonders wichtig.**

*Foto: Herz*

und Trockentoleranz bei Gerste“, ein Team von der Universität Würzburg arbeitet am Thema „Klimaabhängige Steuerung des Wasserverlustes in Blättern“ und ein Team von der Technischen Universität München ergündet die „Krankheitsresistenz klimangepasster Gerstensorten“.

An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) bearbeitet die Arbeitsgruppe Züchtungsforschung bei Gerste unter dem Titel „Validierung praxisrelevanter Marker für die Züchtung klimangepasster und gesunder Gerstensorten“ diese Fruchtart, die in Bayern nicht nur als Rohstoff für Bier große Bedeutung hat.

## Trockenstress im Fokus

Im Verbund wird an der LfL ein Sortiment von Sommergersten, das eine große

Bandbreite von Eigenschaften und genetischer Diversität abdeckt, mehrjährig auf seine Reaktion gegenüber Trockenstress untersucht. Darunter sind Exoten, zugelassene Sorten und Zuchtstämme der beteiligten bayerischen Pflanzenzüchtungsunternehmen Saatzeit Breun, Saatzeit Streng-Engelen und Saatzeit Ackermann.

Für die Versuche nutzt die LfL ein Rollgewächshaus, das 2009 errichtet wurde und reproduzierbare Trockenstressexperimente unter Feldbedingungen erlaubt. Es wiegt 10 t und überdeckt eine Fläche von gut 400 m<sup>2</sup>. Integrierte Sensoren führen dazu, dass das Rollgewächshaus mit den ersten Regentropfen oder bei einer Windstärke von über 12 Meter/Sekunde automatisch innerhalb von drei Minuten über den Bestand fährt. Mithilfe eines Drainagesystems wird überschüssiges Wasser, beispielsweise nach Starkniederschlägen,

## Projekt „BayKlimaFit“

Um sich den durch den Klimawandel hervorgerufenen Herausforderungen der Zukunft zu stellen, finanziert das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) seit Februar 2016 den Projektverbund zum Thema „BayKlimaFit – Strategien zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel“.

unterirdisch abgeleitet. Eine Überkopfbewässerung ermöglicht es, auch innerhalb des Rollgewächshauses ausreichend mit Wasser versorgte Kontrollflächen zu generieren.

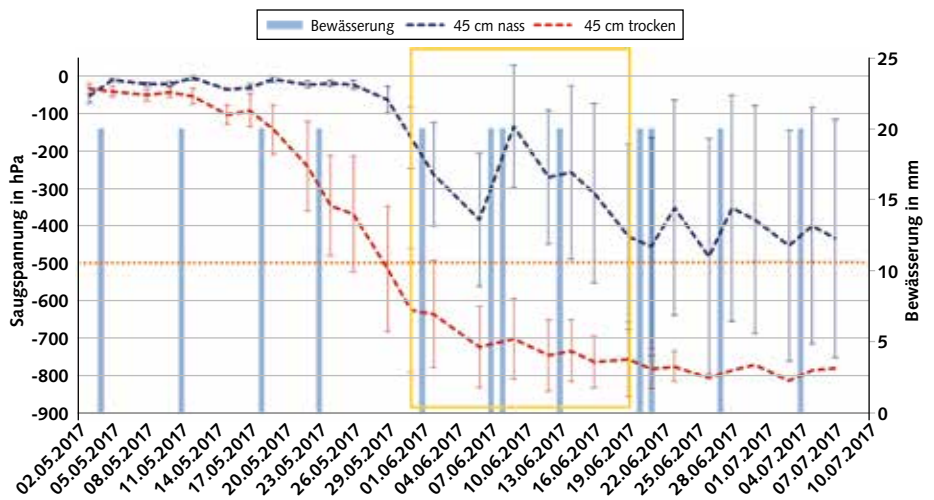
Neben der Identifizierung von besonders stresstoleranten Genotypen, die beispielsweise als mögliche Kreuzungspartner genutzt werden können, bildet die Validierung praxisrelevanter Marker für die Züchtung klimaangepasster Gerstensorten einen weiteren Schwerpunkt im Teilprojekt an der LfL. Molekulargenetische Marker leisten für die Züchtung stresstoleranter Pflanzen einen wichtigen Beitrag, da sie frühzeitig und an einzelnen Pflanzen einsetzbar, eindeutig und unabhängig von der Umwelt sind und somit aufwendige Feldversuche reduzieren können. Vor einer Anwendung der Marker zur effizienten Selektion im Züchtungsgang ist es jedoch erforderlich, deren Effekte in einem möglichst breiten genetischen Hintergrund zu überprüfen, um so den Nutzen der Marker für die Praxis absichern zu können.

Den anderen Projektpartnern des Forschungsverbundes, die mit Gerste arbeiten, wird aus dem Rollgewächshaus Blatt- und Kornmaterial für ihre Untersuchungen, beispielsweise auf den Gehalt von Stoffwechselprodukten oder den Pilzbefall (*Fusarium* und *Ramularia*), zur Verfügung gestellt. Alle Daten werden unter den Partnern ausgetauscht und fließen am Ende des Projekts in die Analyse zur Marker-Validierung ein.

## Vergleich von trockenen und bewässerten Pflanzen

Das aus knapp 60 Genotypen bestehende Sortiment wurde in den Jahren 2016 und 2017 im Rollgewächshaus mit den Behandlungsvarianten trocken und bewässert in jeweils zwei Wiederholungen in Doppelreihen angebaut. Nach dem Auflaufen der Pflanzen wurde das Rollgewächshaus auf Automatikbetrieb gestellt, sodass es bei Regen automatisch über die Versuchsfläche fuhr. Ziel war es, in der trockenen Behandlung bis zum Ährenschieben Trockenstress zu erzeugen. Die bewässerte Variante wurde dagegen einmal wöchentlich mit jeweils 20 mm beregnet. Die Menge der Beregnung erfolgte dabei in Anlehnung an die langjährigen durchschnittlichen Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode in Freising. Um die Bodenfeuchtigkeit zu dokumentieren, waren auf der Versuchsfläche des Rollgewächshauses insgesamt 48 Tensiometer in jeweils drei Tiefen (15 cm, 45 cm, 75 cm)

Abb. 1: Vergleich von trockener und bewässerter Versuchsvariante



Saugspannungen in hPa im Rollgewächshaus in 45 cm Tiefe in der trockenen (rote Linie) und in der bewässerten Behandlung (blaue Linie). Ein Punkt ist jeweils der Mittelwert aus den Messwerten von 8 Tensiometern der entsprechenden Behandlung, Standardfehler sind durch vertikale Striche gekennzeichnet. Blaue Balken: Beregnung in der bewässerten Variante. Orange gestrichelte horizontale Linie: Wert, ab dem Pflanzen unter starkem Trockenstress leiden. Gelber Kasten: Zeitraum des Ährenschiebens.

verteilt, die dreimal wöchentlich gemessen wurden. Auf der Versuchsfläche wurden Messungen zur Bestimmung des Chlorophyllgehaltes durchgeführt und weitere agronomische Merkmale erfasst (Wuchshöhe, Ährenschieben). Nach der Ernte wurden Ertragskomponenten sowie der Protein- und Extraktgehalt der Körner als Messgröße für die Qualität bestimmt.

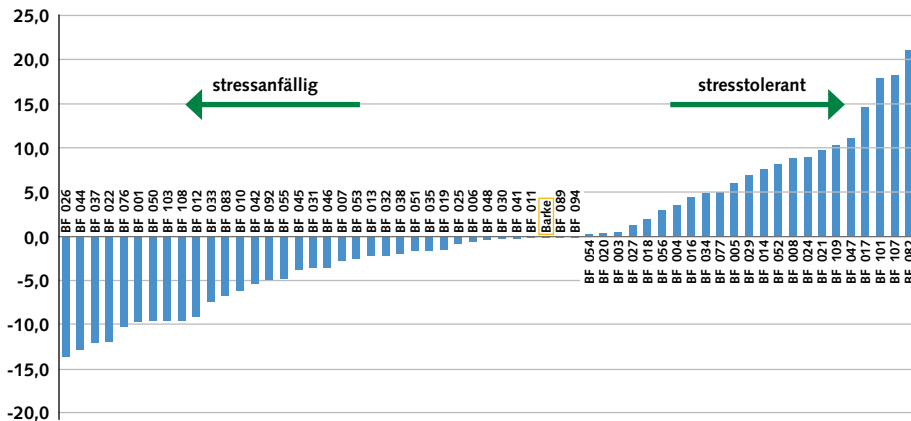
In beiden Versuchsjahren gelang es, wie geplant in der nicht bewässerten Variante im Rollgewächshaus bis zum Zeitpunkt des Ährenschiebens Trockenstress zu erzeugen. Von starkem Trockenstress spricht man, sobald die Saugspannung im Boden unter -500 hPa fällt. Zur gleichen Zeit waren die bewässerten Kontrollpflanzen ausreichend mit Wasser versorgt. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Saugspannungen im Versuchsjahr 2017 in der bewässerten vs. nicht bewässerten Variante in 45 cm Bodentiefe. Auch visuell wa-



Überkopfbewässerung im Rollgewächshaus für die ausreichend mit Wasser versorgten Kontrollpflanzen. Foto: Freudenberg

ren im Feld deutliche Unterschiede zwischen der trockenen und der bewässerten Behandlung zu sehen. Die Genotypen des BayKlimaFit-Sortimentes differenzierten innerhalb der jeweiligen Behandlung sehr gut, sodass sowohl für die Selektion interessanter Genotypen als auch für die Verrechnung mit den Markerdaten ausreichend Variation vorhanden war. Außerdem zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen. Tendenziell waren die trockengestressten Pflanzen im Rollgewächshaus am kürzesten, hatten die wenigsten Halme und wiesen die niedrigsten Gewichte (Trockenmasse und Korngewicht) auf. Bei den Merkmalen Kornsortierung, Tausendkorngewicht sowie dem Ernteindex (Verhältnis von Kornertrag zu Gesamtertrag) schnitt die trockengestresste Variante im Wesentlichen genauso gut ab wie die bewässerte Variante im Rollgewächshaus. Das bedeutet, dass Pflanzen unter Trockenstress zwar insgesamt weniger Körner ausbilden, diese aber vergleichbar mit denen der nicht gestressten Behandlung sind, was Größe und Gewicht angeht. Das BayKlimaFit-Sortiment reagierte in beiden Versuchsjahren sehr ähnlich auf die unterschiedlichen Behandlungen. So führte Trockenstress in beiden Jahren beispielsweise zu früherer Blüte, kürzerer Wuchshöhe und niedrigerer Halmzahl. Die Korrelationen zwischen den Jahren lagen für die meisten Merkmale in einem mittleren bis hohen Bereich. Da eine Vielzahl von Merkmalen vorliegt, erfolgte die Sortenbeschreibung durch die Methode der Ranglistendifferenz. Diese gibt die Reaktion der Gersten auf Trockenstress zusam-

Abb. 2: Stressanfällige und stresstolerante Genotypen



Sortenbeschreibung durch Ranglistendifferenz. Diese gibt die Reaktion der Gersten auf Trockenstress zusammengefasst aus insgesamt 10 gemessenen Merkmalen wieder. Negative Werte bedeuten Stressanfälligkeit, positive Werte Stresstoleranz. Die Standardsorte Barke ist farblich hervorgehoben. Die Daten zur Verrechnung stammen aus dem Versuchsjahr 2017.

mengedfasst aus allen gemessenen Merkmalen wieder. Mithilfe dieser Methode war es möglich, im BayKlimaFit-Sortiment stressanfällige von stresstoleranten Genotypen zu unterscheiden (Abb. 2). Die in allen Versuchen angebaute Standardsorte Barke reihte sich im Jahr 2017 im mittleren Bereich ein, schnitt also in den Versuchen unter Stress genauso gut ab wie in der nicht gestressten Kontrolle. Interessante Genotypen aus den beiden Versuchsjahren werden im dritten Anbaujahr nach Absprache mit den Projektpartnern in mehrortigen Ertragsprüfungen im Parzellenformat noch intensiver geprüft.

### Halmzahl, Ährenschieben, Malzextrakt und Wuchshöhe von vielen Markern beeinflusst

In einem Vorläuferprojekt wurden an der LfL vergleichende Genexpressionsstudien mit bewässerten vs. nicht bewässerten Sommergerstenpflanzen durchgeführt. Dabei wurde die Aktivität eines oder mehrerer Gene unter definierten Bedingungen miteinander verglichen. Aus diesem Vergleich wurden knapp 180 molekulare Marker für 107 relevante Gene entwickelt, die mit Trockenstress in Sommergerste in Verbindung gebracht werden.

Um den Nutzen dieser Marker für die Praxis ableiten zu können, ist es allerdings erforderlich, deren Effekte in einem möglichst breiten genetischen Hintergrund zu überprüfen. Daher wurde das gesamte BayKlimaFit-Sortiment mit den genannten molekularen Markern untersucht und mit den Daten aus den Feldversuchen statistisch verrechnet, um ihren Effekt auf stressrelevante Merkmale zu überprüfen.

Es liegen bereits vorläufige Ergebnisse zur Markervalidierung vor, bei der für die Verrechnung die phänotypischen Daten der Feldversuche aus dem Jahr 2016 sowie die Daten der Projektpartner berücksichtigt wurden. Insgesamt wurden für die endgültige statistische Analyse 154 Marker verwendet. Für die Merkmale Halmzahl, Ährenschieben, Malzextrakt oder Wuchshöhe wurde eine hohe Zahl an signifikanten Markern identifiziert, während für einzelne Inhaltsstoffe lediglich wenige Marker signifikant waren. Dabei gab es Marker, die nur auf ein Merkmal einen Effekt hatten, und solche, die gleichzeitig mehrere Merkmale in die gewünschte Richtung beeinflussten. Letztere sind für den Einsatz zur markergestützten Selektion im Züchtungsgang besonders interessant. Ein Beispiel hierfür ist ein Marker, der auf Chromosom 6H der Gerste liegt. Das zugrunde liegende Gen kodiert ein Enzym, das im Hauptzuckerstoffwechsel involviert ist. Bei diesem Marker trat entweder die Ausprägung „A“ oder „G“ auf. Die Ausprägung „G“ des Markers führte zu einer signifikanten Verbesserung der Merkmale Halmzahl, Trockenmasse und Korngewicht, Kornsortierung sowie Extraktgehalt sowohl in der gestressten als auch in der bewässerten Behandlung und war somit umweltunabhängig.

### Stresstolerante Genotypen lassen sich identifizieren

Die Feldversuche sind in beiden Anbaujahren sehr zufriedenstellend verlaufen. Die Bestände entwickelten sich gut und führten zu verwertbaren Ergebnissen. Es ist außerdem gelungen, in beiden Jahren

innerhalb des Rollgewächshauses trocken-gestresste und ausreichend mit Wasser versorgte Versuchsflächen zu generieren. Aus dem Projekt stehen bereits sehr viele Daten zur Verfügung, die statistisch ausgewertet werden können. Die bisherigen Auswertungen waren in sich schlüssig und zeigten in Abhängigkeit vom betrachteten Merkmal signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen, sodass es möglich ist, im BayKlimaFit-Sortiment stressanfällige und stresstolerante Genotypen zu identifizieren und interessante Genotypen als Kreuzungspartner einzusetzen. Genotypen mit herausragenden Eigenschaften sollen außerdem im letzten Anbaujahr des Projektes auch an mehreren Standorten geprüft werden, um detailliertere Aussagen z. B. über den Ertrag treffen zu können. Die ersten Ergebnisse der Markervalidierung sind ebenfalls vielversprechend, sodass erwartet wird, am Ende der Projektlaufzeit ein Set von praxistauglichen Markern in der Hand zu haben, die in molekularen Züchtungsprogrammen eingesetzt werden können. Damit soll auf stresstolerante Genotypen selektiert werden können, ohne dass Trockenstress im Feld vorhanden sein muss.

### Fazit

Da die Sommergerste aufgrund ihrer kurzen Wachstumszeit von nur ca. vier Monaten von den geänderten Klimabedingungen besonders stark beeinträchtigt wird, ist es für diese Fruchtart besonders wichtig, Sorten zu züchten, die auch unter Stressbedingungen gesund bleiben und stabile Erträge und Qualitäten liefern.

Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag dazu, dass schnell neue Sorten entwickelt werden können, die an die zukünftigen Klimabedingungen in Bayern angepasst sind und eine nachhaltige Landwirtschaft ermöglichen. Darüber hinaus ist auch die Übertragung von Ergebnissen auf verwandte Getreidearten wie z. B. den Weizen möglich, da die Sommergerste eine ausgezeichnete Modellpflanze für Getreide darstellt. <<

### Dr. Markus Herz

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising  
markus.herz@lfl.bayern.de