



Ährenrettung

Wie schafft man es, den Winterweizen vor der zunehmenden Trockenheit zu schützen?
Ein Forschungsprojekt der TU München versucht, darauf eine Antwort zu finden



Albert Grandl ist seit 29 Jahren Bauer auf dem Riedhof. Ein stattliches Anwesen: ein weißes Wohnhaus, eingebettet zwischen Maisfeldern und Kuhweiden. Geranien leuchten am Balkon, eine Katze schleicht über die Terrasse. Hinterm Haus, neben Scheunen und Schuppen, steht der Kuhstall mit den 60 Schwarzbunten. Albert Grandls rote Haare sind verschwitzt, doch das ist eben so im Sommer. „Viel schlechter wäre jetzt Regen“, erzählt er, „so kurz vor der Weizenernte.“ Im Oktober hat Grandl gesät und gedüngt, jetzt steht der Weizen goldgelb in der Sonne. „Na, da schauen wir mal, ob er schon kracht!“

Reifer Weizen muss es krachen lassen

Grandl nimmt einen Halm zwischen die Finger und streift die Körner einer Ähre ab. Die Körner reibt er zwischen den Händen, bis sich die Spreu vom Weizen trennt. Dann bläst er in seine Handfläche, die Spreu fliegt in den Wind, die blanken, vollen Körner liegen in seiner großen Hand. Es ist Mitte Juli und der Weizen kracht noch nicht – beim Draufbeißen. Er schmeckt eher etwas bitter. „Ende Juli ist er reif“, erzählt Grandl, „jetzt darf’s nur keinen Regen mehr geben.“ Denn zu viel Regen führt kurz vor der Reife zum Nachschuss, den die Landwirte fürchten: Am Halm treibt der Weizen dann eine zweite, kleinere Ähre – und die große Ähre wird nicht mehr reif. Kurz vor der Blüte hingegen, im Mai, darf es nur eines nicht geben: zu ▶

Link

www.wzw.tum.de/pbpz

viel Sonne. Das Getreide ist also durchaus wählerisch. In diesem Jahr war die Winterweizenernte von Bauer Grandl schon einmal in Gefahr: Im Mai regnete es vier Wochen gar nicht – und der Weizen stand doch kurz vor der Blüte. Diese vier Wochen hat die Saat gerade noch ausgehalten, nach spätestens sechs Wochen wären die Pollen steril geworden, die Pflanzen hätten keine Frucht getrieben. Für Bauer Grandl bedeutet das Ernteeinbußen von 196 Tonnen Weizen; 14 Euro gibt es für 100 Kilo – die ganze Arbeit wäre umsonst gewesen. „Es hat schon immer heiße Frühsommer gegeben, verregnete Hochsommer und auch mal einen warmen Winter, aber das Wetter wird schon immer anstrengender. Ob das der Klimawandel ist?“

Wetterkapriole oder Klimawandel?

Diese Frage stellt sich nicht nur Bauer Grandl. Und er kann wenig tun: Die Winterweizenfelder müsste er in der Blütezeit bewässern, doch das ist viel zu teuer. Aber wie könnten sich Bauern an das veränderte Wetter anpassen? Dr. Antje Kunert stellt sich genau dieser Frage, die Bauer Grandl beschäftigt. Sie ist Mitarbeiterin bei Professor Gerhard Wenzel am Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung des Wissenschaftszentrums Weihenstephan. Ihr Ziel ist es, eine Winterweizensorte zu züchten, die zwei Wochen früher blüht und so der immer trockener

werdenden Frühsommerzeit ausweicht. Sie forscht im Rahmen des Verbundprojektes „Anpassung an den Klimawandel durch pflanzenzüchterische Maßnahmen in der Weizenproduktion in Deutschland“. Fakt ist: Es gibt in Deutschland kaum noch Ertragssteigerungen bei Winterweizen, weil die Frühsommer zunehmend trockener werden. Früher gab es jedes Jahr Ertragszuwächse, seit zehn Jahren stagniert der Ertrag in Bayern bei etwa sieben Tonnen Weizen pro Hektar Anbaufläche.

Das Verbundprojekt läuft von Juli 2006 bis Juni 2009 und soll zwei Fragen klären: Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Weizenproduktion? Und könnten sich die Bauern mit einer neuen Weizensorte an diesen Klimawandel anpassen? Die Projektpartner errechnen mit Klimamodellen Prognosen für die Landwirtschaft in Deutschland und bewerten die Auswirkungen auf die Weizenproduktion. Danach kann eine Aussage zu den volkswirtschaftlichen Einbußen auf dem Winterweizenmarkt gemacht werden.

Die Projektleitung hat Dr. Michael Schmolke. Sein Team will das Anpassungspotenzial durch die Züchtung untersuchen. Sprich: Die Forscher versuchen eine Winterweizensorte zu züchten, die zwei Wochen früher blüht, also schon Ende Mai. Nach drei Jahren können die Pro-

„Es hat schon immer heiße Frühsommer gegeben, verregnete Hochsommer und auch mal einen warmen Winter, aber das Wetter wird schon immer anstrengender. Ob das der Klimawandel ist?“

Albert Grandl



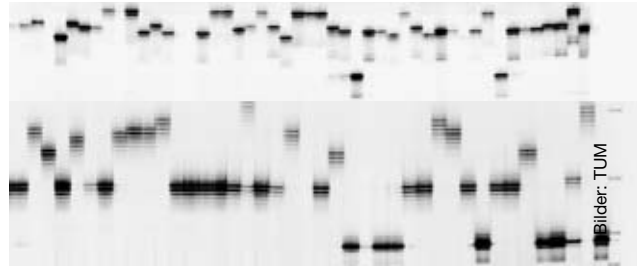
jektpartner der TUM eine Kostenschätzung abgeben für die komplette Neuzüchtung einer solchen Sorte. Denn die Züchtung einer neuen Sorte dauert, einschließlich der Vorarbeiten an der Universität, insgesamt 15 bis 20 Jahre. Diese Kosten sollen im Rahmen der Forschung mit dem wirtschaftlichen Nutzen verglichen werden. Erst dann kann eine Empfehlung an die Züchter erfolgen. Das Projekt wird finanziert vom Bundesforschungsministerium im Rahmen des klimazwei-Programms. Das Wissenschaftszentrum Weihenstephan erhält den Hauptteil der Fördermittel, insgesamt 170.000 Euro.

Der Hauptteil der praktischen Arbeit liegt bei Antje Kunert. Ihr Arbeitstag beginnt um halb acht im Gewächshaus. Die Eisentür zur Halle mit den Gewächshäusern lässt sich nur mühsam öffnen, feuchtwarme Luft dringt ins Freie. 490 Weizenpflanzen stehen hier in Reih und Glied geordnet. Ziel ist es, eine neue deutsche Sorte zu züchten. Das heißt, die Mutter eines neuen Winterweizen-Typus muss deutsch sein. Denn nur so ist gewährleistet, dass die Pflanze sich im heimischen Klima erfolgreich entwickelt. Die Väter dieser Weizenpflänzchen kommen hingegen aus der ganzen Welt: aus Mexiko, Afghanistan, Italien oder Australien. Mütter und Väter – das klingt eigenartig bei Weizen. Denn Weizenpflanzen sind ja Selbstbefruchter. Sie bilden Pollen und haben gleichzeitig eine Blütennarbe. Doch die Züchter greifen in die Natur ein. Im letzten Jahr haben sie die deutschen Sorten vor der Blüte kastriert und dann mit den ausländischen Vätern fremdbestäubt. Natürlich wurden nur vielversprechende Väter ausgewählt: solche mit der Eigenschaft, besonders früh zu blühen. Zunächst wird mit Sommerweizensorten geforscht, denn da gibt es schon Sorten, die besonders früh blühen. Später soll die neue Kreuzung dann in Winterweizensorten eingebracht werden.

Beobachten, Analysieren, Ausprobieren

Jetzt stehen die Nachkömmlinge der Pflanzen auf dem Feld, die im letzten Jahr im Gewächshaus gepflegt wurden. Die Blüten sind fremdbestäubt. Zum Schutz der offenen Blüte tragen die Ähren kleine Tütchen, so kann kein unerwünschter Pollen unbemerkt mitbefruchten. Jeden Tag beobachtet Antje Kunert die Pflanzen. Sie notiert den Zeitpunkt der Blüte für jede Pflanzensorte, die Wuchshöhe, die Ähren- und Körneranzahl. Diese Daten trägt sie in ihrem Büro in eine Tabelle ein, in der alle Merkmale für jede Pflanzensorte vermerkt sind. Doch wie nähert sie sich züchterisch dem früheren Blühzeitpunkt? Nur durch Beobachten und Ausprobieren?

Antwort auf diese Frage gibt das Labor, neben Feld und Gewächshaus der dritte Arbeitsplatz von Antje Kunert. In diesem Labor untersucht sie nachmittags die Erb- ▶



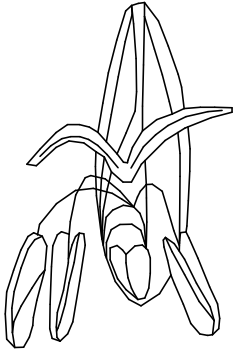
Bandenmuster verschiedener Sommerweizen-Genotypen, untersucht mit Mikrosatelliten (molekularen Markern)



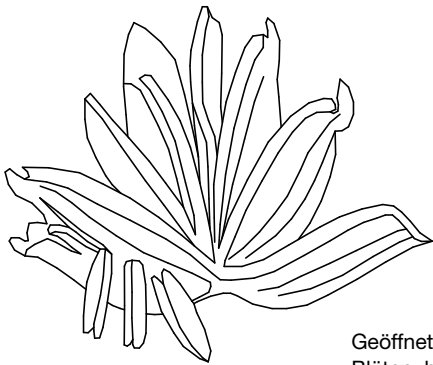
Dr. Antje Kunert trägt PCR-Produkte auf einen LiCor-DNA-Analyser zur elektrophoretischen Auftrennung

Markergestützte Selektion

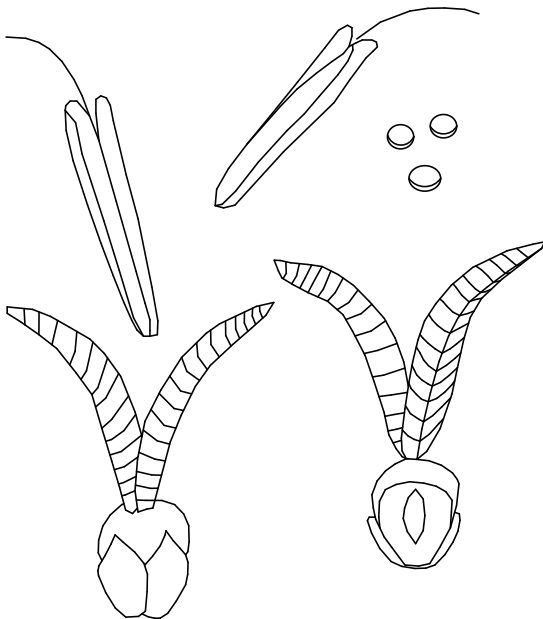
Die Arbeiten am Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung mit dem Ziel, eine frühere Blühzeit zu erreichen, werden mittels markergestützter Selektion durchgeführt. Dabei werden zum einen die Pflanzen im Feld bzw. Gewächshaus angebaut und auf das Merkmal Blühzeitpunkt hin untersucht. Zum anderen werden DNA-Proben aus dem Blattmaterial der Pflanzen entnommen und im Labor mit Mikrosatelliten (molekularen Markern) analysiert. Dadurch erhält man Informationen zu den Allelen der einzelnen Sommerweizen-Genotypen an spezifischen Stellen im Genom. Sichtbar gemacht werden die unterschiedlichen Allele in einem Polyacrylamid-Gel durch eine Elektrophorese. Hierzu wird das Gel in eine Elektrophorese-Kammer (z. B. LiCor-DNA-Analyser) eingehängt, an die ein Stromkreis angeschlossen wird. Die negativ geladene DNA wandert so vom Minuspol zum Pluspol durch das Gel. Je kleiner die DNA-Fragmente, desto schneller laufen sie durch die Gelmatrix. Am Ende der Elektrophorese befinden sich deshalb die DNA-Fragmente in unterschiedlicher Höhe im Gel (siehe Abb. oben). Um schließlich Weizen-Genotypen selektieren zu können, die einen genetisch bedingt früheren Blühzeitpunkt haben, werden die Daten aus dem Feld/Gewächshaus mit den Daten aus dem Labor statistisch verrechnet. So können Assoziationen zwischen einer frühen Blüte und einer spezifischen Stelle im Genom identifiziert werden, d. h., es lassen sich Rückschlüsse zwischen bestimmten Allelen der Pflanzen und ihrem Blühverhalten ziehen. Aufgrund dieser Informationen können dann Weizenpflanzen für die Züchtung auf eine Blühzeitverfrühung selektiert werden.



Schematische Darstellung einer Weizenblüte. Vorne sichtbar sind drei Staubblätter (Stamina), bestehend aus jeweils einem Stiel (Filament) und einem Pollen tragenden, zweiteiligen Staubbeutel (Anthere). Dahinter abgebildet sieht man den Fruchtknoten (Ovarium), an dessen Spitze sich ein Stempel (Pistillum) befindet und daran zwei fedrige Narbenäste (Stigmae)



Geöffnetes Ährchen mit fünf Blüten, bei der linken Blüte sind die Staubbeutel (Antheren) sichtbar



Im oberen Teil der Abbildung sind zwei Staubblätter mit Stielen und Staubbeuteln dargestellt. Rechts daneben Pollenkörner. Im unteren Teil der Abbildung sieht man den weiblichen Blütenanteil, den runden, aus zwei oder drei Fruchtblättern verwachsenen Fruchtknoten mit zwei fedrigen Narbenästen

Grafiken: edlundsepp

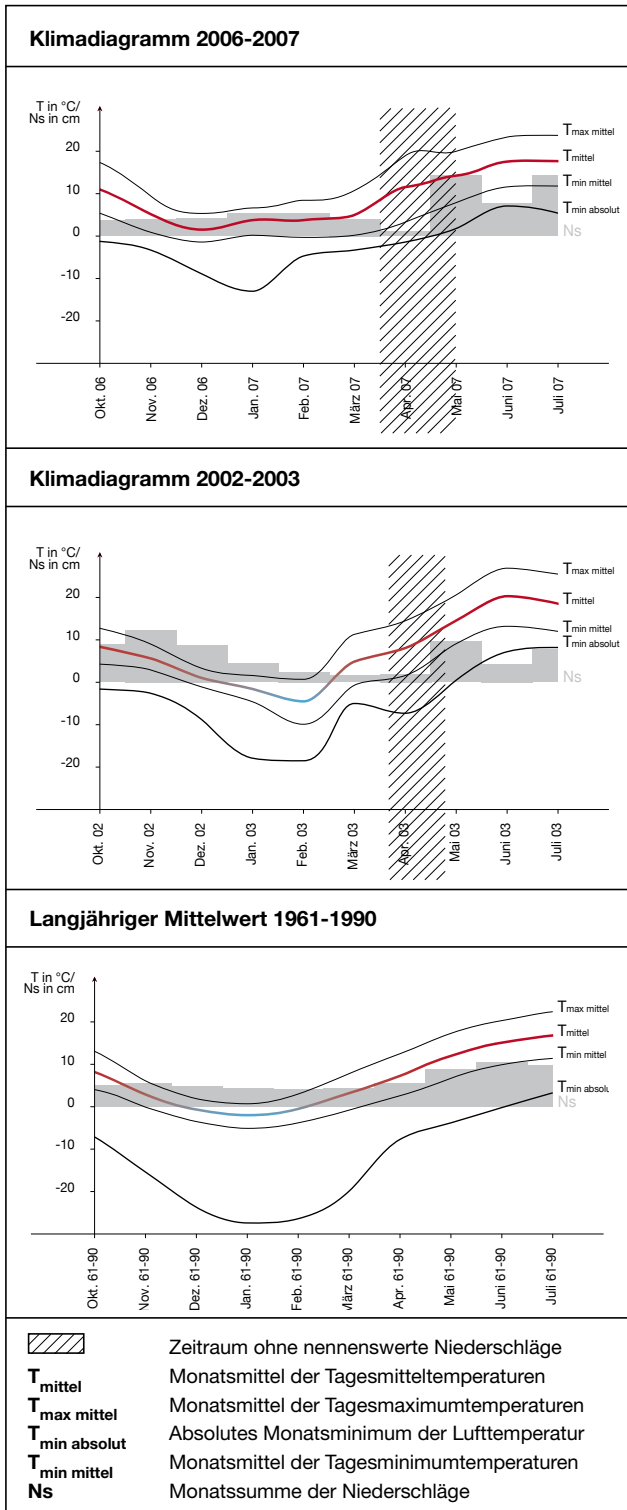
anlagen aller Weizensorten auf dem Feld. Dazu hat sie von jeder Sorte zehn Blätter entnommen. Diese Blätter trocknet sie und friert sie mit flüssigem Stickstoff ein. Dann werden sie zu einem Pulver vermörsert, ein Cocktail löst die DNA heraus. Antje Kunert holt eine kleine Palette mit Plastikröhrchen aus dem Kühlschrank, in denen jeweils DNA schwimmt, mit dem bloßen Auge zu erkennen. Wie die weißen Hagelschnüre im Hühnerei sehen die DNA-Fäden aus, sie sind nur viel kleiner, etwa einen Zentimeter lang. Die Forscherin trägt die Palette behutsam ins Labor, morgen wird sie diese Sorten untersuchen.

Schon vor ein paar Stunden hat sie andere DNA-Proben weiterverarbeitet. Zur Lösung kommt der Polymerase-Kettenreaktions-Mix. Dieser PCR-Mix enthält die molekularen Marker. Diese Marker haben die Eigenschaft, sich an ganz bestimmte Abschnitte der Erbinformationen zu heften. Das Weizengenom ist noch nicht vollständig entschlüsselt, es gibt also noch nicht für jede Gensequenz einen Marker. Doch zwei Gruppen von Genen sind bekannt, alle haben einen Einfluss auf den Zeitpunkt der Blüte. Das sind die Gene für Photoperiodismus, sie bewirken, dass die Pflanze auf Lichtreize mit Wachstum reagiert. Die zweite Gruppe sind die Vernalisationsgene. Sie sorgen für die Reaktion auf einen Kältereiz, was bedeutet: Die Pflanzen wachsen im Winter nicht weiter – das schützt sie vor dem Erfrieren.

Welche Gene lassen Weizen früher blühen?

Antje Kunert untersucht die Erbinformationen der Weizensorten auf die oben genannten Gene. Die DNA-Marker stellen ein Hilfsmittel für diese Untersuchungen dar. Die Genabschnitte werden stark vermehrt und auf ein Gel aufgetragen. Doch wie kann die DNA sichtbar und vergleichbar gemacht werden? Die Methode heißt Elektrophorese. Dazu werden die einzelnen DNA-Proben der verschiedenen Sorten nebeneinander oben auf eine Gelplatte aufgetragen. Diese ist auf der einen Seite positiv und auf der anderen Seite negativ geladen. Die DNA selbst ist negativ geladen und wandert deshalb in eine Richtung durch das Gel. Dazu hängt Antje Kunert die Gelplatte in den DNA-Analyser. Er sieht aus wie ein Kopierer. Neben dem Gerät steht ein Schreibtisch mit einem Monitor, die Platte ist blank und aufgeräumt. Im Raum ist es kühl und dunkel, die Geräte summen.

Im Analyser liest ein Laser die Bewegungen der DNA. Jetzt kann man sie auf dem Monitor sehen als verschwommene Bündel von schwarzen Strichen. Die DNA der einzelnen Sorten läuft von oben nach unten durch das Gel. Sie unterscheiden sich in ihrer Größe, also in der Anzahl ihrer Basenpaare. Insgesamt 170 verschiedene Sorten werden untersucht, je 48 pro Gel. Auf dem



Bildschirm wird die untersuchte Gensequenz der Sorten so vergleichbar. Nach einer Stunde ist die Analyse beendet: Die kleineren DNA-Fragmente sind schneller durch das Gel gelaufen und schon unten angekommen, die großen hängen weiter oben. Antje Kunert schaut konzentriert auf den Bildschirm. Die Geninformationen der einzelnen Pflanzen wird sie später in ihrem Büro mit den

Daten aus den Feldversuchen vergleichen. „Wenn ich herausfinden würde, dass eine Kreuzung, die auf dem Feld besonders früh blüht, eine bestimmte Gensequenz hat, die sich im Vergleich von den anderen Sorten unterscheidet, das wäre toll!“ sagt sie und lächelt. „Dann wüssten wir, wo die genetische Information für eine frühe Blüte liegen könnte!“

Doch bis dahin ist es noch ein weiter Weg. Die nächsten zwei Jahre wird Antje Kunert weiter Ähren befruchten, die Pflanzen im Gewächshaus beobachten und gießen, die DNA am Bildschirm untersuchen und hoffen, auf einen Zusammenhang zu stoßen. „Man muss als Forscher Durchhaltevermögen haben und gut allein arbeiten können“, sagt die Wissenschaftlerin. Und auch mal Phasen des Stillstands oder die Sorge vor Misserfolgen bewältigen können. Denn eine Garantie für einen Erfolg in der Forschung gibt es nie.

Bei den Grandls auf dem Riedhof in Marzling ist die Nachmittagsruhe wieder vorbei. Albert Grandl will heute noch die 15 Hektar Weide fertig mähen und Heu machen – als Futter für die Rinder und die Biogasanlage. Und um fünf Uhr nachmittags geht's, wie schon morgens, zwei Stunden in den Stall, Kühe melken und füttern. Seine Frau Maria hilft ihm. Heute Abend wird das Gras eingeholt sein; der Winterweizen steht in voller Kraft. Albert Grandl ist zuversichtlich. Es wird eine gute Ernte werden – wenn es nicht regnet.

Julia Nemetschek

Ausgewachsene Weizenpflanze

