

Unser tägliches Brot - Brotgetreide



© Michael Gäbler / Wikimedia Commons, via Wikimedia Commons

Weizen und Roggen werden hauptsächlich als Brotgetreide verwendet, wobei in Deutschland ("Schwarzbrotland") ursprünglich Roggen als Brotgetreide galt, nur in Schwaben der Dinkel. Weizenkörner enthalten neben ungefähr 60% Kohlenhydraten etwa 12% Proteine. Darunter das von Allergikern gefürchtete Gluten, das mit anderen Kleberproteinen zusammen die gute Backeigenschaft des Weizenmehls bewirkt. Eine Gruppe von Wissenschaftlern bemüht sich gerade intensiv um das riesige Weizen genom, um angesichts der Klimaveränderungen Züchtungsziele schneller erreichen zu können.

Was ist Getreide?

Das Wort „Getreide“ stammt vom althochdeutschen „gitregidi“ (Ertrag, Einkünfte, Besitz) ab. Heute verstehen wir unter „Getreide“ die Körnerfrüchte der kultivierten Süßgräser, im Wesentlichen Roggen und Weizen und in manchen Landstrichen noch Dinkel oder Spelt, ein Verwandter des Weizens. Wie sind wir in ferner Vergangenheit zu unseren Getreidearten gekommen? Die Wildformen unserer Getreidearten waren in Europa nicht heimisch. Bevor die Menschen in unserer Region begannen Ackerbau zu betreiben, wuchs keine der Arten hier in Europa. In der ältesten Jungsteinzeit, im Neolithikum (ab etwa 4500 v. Chr.) begannen die Bandkeramiker vom heutigen Ungarn aus die Elbe und die Donau entlang zu ziehen und sich in fruchtbaren Lößgebieten niederzulassen. Sie brachten als Saatgut Vorläufer unseres heutigen Weizens mit. Die ertragreichen, großfrüchtigen Getreidearten können sich nicht im bewaldeten Mitteleuropa entwickelt haben, denn es handelt sich durchweg um Sonnenpflanzen, die aus wärmeren Steppengebieten mitgebracht worden sein müssen. Archäologische Fundstellen mit den absolut ältesten Resten von Nacktweizen liegen in der Türkei, in Israel, in Syrien im Irak, im Iran und im südlichen Kaukasus (aus Körber-Grohne).

Heutige Brotgetreide

Unter „Brotgetreide“ verstehen wir heute die Weizenarten, vor allem Weichweizen und Dinkel sowie Roggen, der bekannt ist für die dunklen, schwereren, im Ausland als typisch deutsch empfundenen Brotsorten. Alle Getreidearten gehören zur Familie der echten Süßgräser, der Poaceae (syn. Gramineae). Ihre meist zwittrigen, typischen Grasblüten sind unscheinbare grünliche Ährchen. Im botanischen Sinne handelt es sich bei einem Getreidekorn um eine Karyopse. Durch das Zusammenwachsen von Samenschale und Fruchtwand entsteht der Eindruck eines Samens obgleich es sich um eine Frucht handelt. Der Name leitet sich denn auch vom griechischen „karyon“ (Kern, Nuss) und „opsis“ (Aussehen) ab.

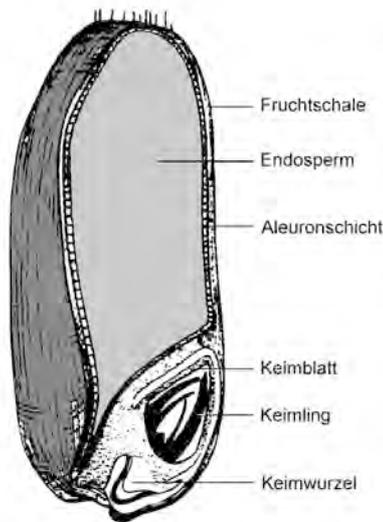


Abb. 1: Längsschnitt durch ein Weizenkorn

Speicherstoff der Karyopsen des Weichweizens (*Triticum aestivum*) ist hauptsächlich Stärke. Proteine kommen in allen Zellen vor, werden aber konzentriert in der Aleuronschicht (gr. aleuron = Mehl) des Samens gespeichert; häufig in kristalliner Form. Diese Schicht befindet sich zwischen der Fruchtschale und dem Nährgewebe, dem Endosperm (Abb. 1). Auch Fette kommen als Öltröpfchen oder in Bläschen eingeschlossen vor. Dank dieser Nährstoffe werden die Samen der Gräser als Getreide oder in Neudeutsch als "Cerealien" (aus dem Englischen "cereals" für Getreide) schon seit der Erfindung der Landwirtschaft genutzt.

Nach der Quellung durch Wasseraufnahme in den Samen folgen die ersten Stoffwechselaktivitäten um die gespeicherten Nährstoffe abzubauen und den Embryo damit zu versorgen. Als erstes Organ tritt die Keimwurzel aus dem Samen aus. Kurze Zeit später sprengt der Keimling die Samenschale, der Spross streckt sich und die Primärblätter wachsen schließlich dem Licht entgegen. Solange der Keimling noch keine grünen Blätter besitzt, ernährt er sich durch sein Speichergewebe (Zellatmung), sobald grünes Blattgewebe (Chlorophyll) vorhanden ist, setzt auch die Photosynthese ein. Der intensive Stoffwechsel lässt viele Vitamine entstehen, die die Keimpflanzen ernährungsphysiologisch wertvoll machen. Die Menschen machen

sich das durch den Genuss von Weizenkeimen und Weizenkeimöl zunutze.

Beim Winterweizen erfolgt das Streckungswachstum der Halme erst nach einem ausreichenden Kältereiz (Vernalisation), erst dann erfolgt auch die Blattentwicklung aus den Blattanlagen, die bereits bei der Bestockung angelegt wurden. Bei der Sommerform des Weichweizens reichen die Änderungen der Tageslänge im Frühling für das Streckungswachstum des Sprosses aus.

Kulturweizen und seine Entstehung



Abb. 2: Weizenfeld kurz vor der Reife im Botanischen Garten Düsseldorf.
Abb. 2a: Eine Ähre des Weichweizens (*Triticum aestivum*).

Mit der Bezeichnung „Weizen“ sind neben unserem Kulturweizen zahlreiche Weizenarten erfasst, unter denen nur wenige weltwirtschaftlich von Bedeutung sind. Im weltweiten Anbau ist der Kulturweizen, auch Saatweizen genannt, mit der größten Anbaufläche

vertreten (Tab. 1). In Deutschland wurden im Jahr 2013 auf 3,1 Millionen Hektar Weichweizen angebaut. Er verlangt schwere, sehr nährstoffreiche Lehm- oder Schwarzerdeböden, die eine hohe Wasserkapazität besitzen. Klimafaktoren für den Winterweizen sind unter anderem Trockenheit im Herbst und zeitige Erwärmung im Frühjahr mit genügend Niederschlag.

Die Ährenspindel des Brotweizens steht aufrecht, an ihr sitzen in zweizeilig alternierender Anordnung ca. 20 bis 25 Ährchen, die jeweils 2 bis 4 Körner enthalten (Abb. 2 und 2a). Wild- und Kulturtypen unterscheiden sich in zwei grundsätzlichen Eigenschaften: Die Ährenspindel beim Wildweizen ist brüchig, so dass bei der reifen Ähre nicht nur die Körner abfallen, sondern die ganze Ährenspindel in Teilen auseinander fällt. Der Kulturweizen enthält dagegen eine zähe Ährenspindel, von der nur die Körner abfallen. Der zweite charakteristische Unterschied liegt in der Art der Bespelzung: Kulturweizen entlässt seine Körner beim Dreschen leicht aus den Spelzen, wäh-

rend wilde Weizensorten sehr fest mit den Samen verbundene Spelzen besitzen. Die Samen durchlaufen mehrere Reifestadien: zunächst die „Milchreife“ mit ca. 50 % Wassergehalt und breiigem Inhalt der Körner, dann die „Wachsreife“, auch „Gelbreife“ genannt, mit ca. 30 % Wasser, schließlich die Vollreife, wobei die Körner hart sind und noch etwa 20 % Wasser beinhalten. Eingebrachter Weizen ist „totreif“, das heißt, er besitzt höchstens noch 16 % Wasser.

Jahr	Weizen (insgesamt)		Roggen		Triticale		Gesamtgetreide	
	Produktion	Anbaufläche	Produktion	Anbaufl.	Prod.	Anbaufl.	Prod.	Anbaufl.
1990	592.311	231.263	38.194	16.816	4.453	1.249	1.952.378	708.473
2000	585.690	215.437	20.116	9.817	9.106	2.492	2.060.190	672.713
2009	686.720	224.634	18.294	6.622	15.833	4.331	2.498.026	699.527
2013	713.183	218.460	16.695	5.785	14.595	3.855	2.780.666	720.259

Züchtung und Biotechnologie

Das hexaploide Weizen genom ist zusammengesetzt aus den Genomen AA, BB und DD, deren Chromosomen sich nur im gleichen Genom paaren, die Genome vermischen sich also nicht. Genom A entspricht dem des Einkorn (s.u.) und kommt in allen Weizenarten der tetraploiden und hexaploiden Reihe vor (Tab. 2). Genom D stammt von *T. tauschii* (syn. *Ägilops squarrosa*, Gänsefußgras), während die Herkunft von Genom B bislang noch nicht klar zugeordnet werden konnte. In Tabelle 2 sind die heutigen Weizenarten mit ihren jeweiligen Genomen zusammengefasst.

Diploide Reihe (2n = 14)	Tetraploide Reihe (2n = 28)	Hexaploide Reihe (2n = 42)
<i>Triticum boeoticum</i> (Wild-Einkorn), bespelzt, Genom A	<i>Triticum dicoccoides</i> (Wild-Emmer), bespelzt, Genom AB	
<i>Triticum monococcum</i> (Einkorn), bespelzt, zerbrechliche Spindel, Genom A	<i>Triticum dicoccon</i> (Emmer), bespelzt, zerbrechliche Spindel, Genom AB	<i>Triticum spelta</i> (Dinkel), bespelzt, zerbrechliche Spindel, Genom ABD
	<i>Triticum durum</i> (Hartweizen), unbespelzt, zähe Spindel, Genom AB	<i>Triticum aestivum</i> (Weichweizen, Saatweizen), unbespelzt, zähe Spindel, Genom ABD
	<i>Triticum turgidum</i> (Rauhweizen), unbespelzt, zähe Spindel, Genom AB	

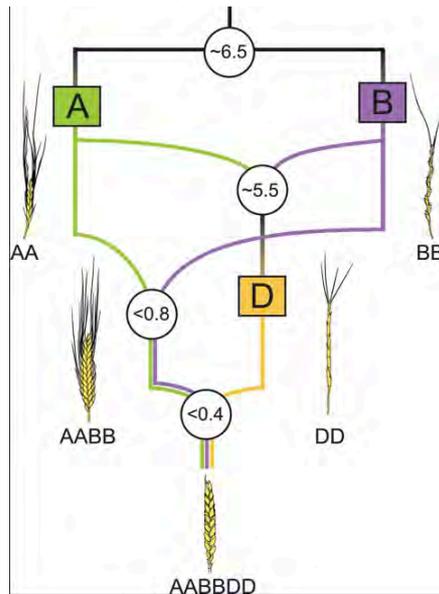


Abb. 3: Modell der phylogenetischen Geschichte des Brotweizens. In den weißen Kreisen steht das geschätzte Alter des jeweiligen Ereignisses in Mio. Jahren. Aus: Marcussen et al., Science 345, 2014

Man ging in den vergangenen Jahrzehnten davon aus, dass sich zunächst ein Verwandter des heutigen Weizen (*Triticum boeoticum*) mit einem des wilden Spelts (*Triticum speltoide*) oder auch einem anderen Wildgras vereint hat, wobei von beiden Pflanzen die Chromosomensätze vollständig erhalten blieben. So entstand der tetraploide wilde Emmer (*T. dicoccoides*) mit dem Genom AABB. Aus diesem soll der wilde Spelzdinkel (*T. spelta*) durch Einkreuzung einer weiteren Art (*T. tauschii* syn. *Aegilops squarrosa*), des Spennders von Genom D, entstanden sein. Bisher dachte man, dass das hexaploide Genom AABBDD aus drei unabhängigen Vorläufergenomen AA, BB und DD entstanden sei. Die neuesten Analysen zeigen, dass das D-Genom seinen Ursprung im A- und B-Genom hat. In einem späteren Hybridisierungsschritt kam das D-Genom wieder mit seinen beiden Schwestergenomen A und B zusammen und formte den hexaploiden Weizen (Abb. 3). Durch Mutationen und Auslese entwickelte sich dann schließlich unser heutiger Kulturweizen (*T. aestivum*).

Aufgrund der großen Komplexität seines Genoms ist es bislang noch nicht vollständig gelungen, die Gensequenzen des Weizens zu entschlüsseln. Im Jahre 2012 veröffentlichten Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums in München gemeinsam mit britischen Wissenschaftlern eine erste Genomanalyse mit einer ausführlichen Genomkarte der etwa 96.000 Gene des Weizens. Seitdem ist ein

internationales Konsortium von Forschern (The International Wheat Genome Sequencing Consortium, IWGSC) dabei, die Gene der 21 Weizenchromosomen zu sequenzieren. Im Sommer 2014 veröffentlichte das IWGSC den ersten Entwurf der Sequenz des Brotweizen-Genoms. Der direkte Zugriff auf einen Genabschnitt eines Chromosoms wird die Züchtung bestimmter

für die Landwirtschaft wichtiger Merkmale sehr vereinfachen. Es könnte in Zukunft auf molekulare Marker zugegriffen werden, die interessante Eigenschaften der Pflanze bereits in einer frühen Entwicklungsphase sichtbar machen. Man müsste also nicht warten, bis die Pflanze soweit ausgereift ist, dass die gesuchten Eigenschaften phänotypisch sichtbar werden.

Allgemeine Züchtungsziele sind, abgesehen von der weiteren Steigerung der Erträge, Resistenz gegen Pilze, Winterfestigkeit, Toleranz gegen Salz im Boden und eine bessere Anpassung an sich verändernde klimatische Verhältnisse. Moderne Züchtungsprojekte nennen die Vermeidung von Wasser- und Hitzestress als Auslöser der Frühreife, die zu massiven Ernteverlusten führt. In den letzten Jahren wurde immer häufiger ein früheres Blühen beobachtet, das zum vorzeitigen Reifen der Körner führt und große Verluste verursachen kann. Als Hauptgrund für die Verschiebung der Blühzeit wird die zunehmende Trockenheit im Frühsommer vermutet. In diesem Zusammenhang und in Hinblick auf die prognostizierte Temperaturzunahme von 2-5 Grad bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, werden zahlreiche Sorten und Zuchtlinien des Weizens auf Genloci untersucht, die einen Einfluss auf den Blühzeitpunkt besitzen. Die Blühinduktion ist ein sehr komplexer Vorgang und heute noch nicht bis in alle Details aufgeklärt.

Aus dem Wunsch, die guten Leistungseigenschaften des Weizens mit der Anpruchslosigkeit des Roggens zu kombinieren, entstand im Laufe der letzten hundert Jahre der Gattungsbastard Triticale, ein Bastard aus Weizen und Roggen. Mittlerweile wird so eine Gruppe von neu gezüchteten Gräsern bezeichnet, die aus Kreuzungen zwischen Weizen (*Triticum*) und Roggen (*Secale*) entstanden ist. Hierbei war es das Ziel, die guten Leistungseigenschaften des Weizens mit der Anpruchslosigkeit des Roggens bezüglich des Bodens und der Temperatur und mit seiner relativen Resistenz gegen Pilze zu vermischen. Dieses Ziel wurde aber nur teilweise erreicht. Die Backqualität des Weizens findet sich zum Beispiel in *Triticale* nicht wieder. Auch die Anpruchslosigkeit des Roggens ist so nicht wiederzufinden. Im Aussehen steht Triticale allerdings zwischen Weizen und Roggen (Abb. 4). Der Vorteil dieser Mischform ist,



Abb. 4: Triticale von vorn und von der Seite. Mit freundlicher Genehmigung des MPI für Züchtungsforschung, Köln.

dass sie auch an ungünstigeren Standorten angebaut werden kann. Triticale-Mehl ist ernährungsphysiologisch interessanter als Weizenmehl, da es mehr Lysin (essentielle Aminosäure) enthält. Heute ist *Triticale* ein wichtiges Futtergetreide und ersetzt in vielen subtropischen Regionen bereits den Weizen. Über den weltweiten Anbau gibt Tabelle 1 Auskunft.

Einkorn und Emmer



Abb. 5: Je zwei Ähren von Einkorn (links) und Emmer (rechts) im Vergleich. Mit freundlicher Genehmigung des MPI für Züchtungsforschung, Köln.

Die diploide *Einkorn-Reihe* ist charakterisiert durch flache Ähren und fest von Spelzen umschlossene Körner. Hierzu gehört das nur noch selten kultivierte Einkorn, *Triticum monococcum*. Einkorn und Emmer (*Triticum dicoccoides*) sind Verwandte des Weizens, die heute wirtschaftlich nicht mehr interessant sind, in der Vergangenheit aber eine Rolle gespielt haben. Einkorn ist die zierlichste aller Getreidearten, da die Halme extrem dünn sind und die Ährenspindel beiderseitig jeweils nur ein Korn in einem Ährchen besitzt. Die Ähren stehen aufrecht und sind mit langen Granen versehen (Abb. 5). Einkorn ist unempfindlich gegenüber Kälte und wurde als Wintergetreide angebaut. Verwendet wurde es hauptsächlich geschrotet für Mehlspeisen und Grütze. Einkorn wurde im ökologischen Landbau wiederentdeckt, weil es sich als anspruchslose Kulturpflanze mit Gründüngung begnügt. Biobauern haben sich ihm wegen seiner Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge wieder zugewendet. In der tetraploiden *Emmer-Reihe* sind die Ährchen vielblütiger, auf jedem Absatz der Ährenspindel reifen zwei Körner, daher auch der Name „Zweikorn“. Emmer besitzt kräftigere Halme und breitere Blätter als

Einkorn (Abb. 5). Emmer ist nicht kälteresistent und wurde daher überwiegend als Sommerform angebaut. Anbauplantagen für Emmer findet man heute noch in der Türkei, Israel, dem Irak und im Libanon.

Dinkel, Spelt oder Schwabenkorn

Dinkel (*T. spelta*) wird in Deutschland und in der Schweiz heute wieder vermehrt angebaut, unter anderem auch, weil Dinkel-Gluten bei Allergikern weniger Probleme bereitet als Weichweizen-Gluten. Gluten ist eine Mischung aus Kleberproteinen in verschiedenen Getreidearten (s.u.). Dinkel wird überwiegend als Wintergetreide angebaut, die Minimaltemperaturen für die Keimung liegen zwischen 2 und 4 °C. Dinkel ist winterfest, er kann Temperaturen bis -20°C überdauern. Die Halme eines Dinkelfeldes werden bis zu 1,5 m hoch; durch Unwetter werden sie leichter umgeknickt als die des Weichweizens. Die bei der Reife horizontal oder geneigt stehenden Ähren wirken länger und dünner als die vom Weizen (Abb. 6). Beim Dinkel sind die Glieder der Ährenspindel ziemlich lang; an jedem Glied sitzt je ein Ährchen, das 2 bis 3 Körner enthält. Jedes Korn wird von 3 fest umhüllenden Spelzen umgeben, die dem Dinkel oder auch „Spelt“ seinen Namen gaben. Die Ährenspindel ist brüchig wie beim Wildweizen. Dinkel ist grundsätzlich mit dem Weizen kreuzbar, so findet man bei nebeneinanderliegenden Weizen- und Dinkelfeldern gelegentlich Bastardähren, die die Merkmale von beiden Pflanzen aufweisen. Die genetischen Unterschiede beider Gräser wirken sich



Abb. 6: Dinkelähre (links) und Weizenähre (rechts).

aber doch ganz erheblich auf ihre Eigenschaften und Ansprüche aus, die in Tabelle 3 verglichen werden.

Dinkel ergibt ein proteinreiches Mehl mit hohem Klebergehalt, das gut für Mehlspeisen (z. B. Spätzle) zu verwenden ist. Die Kleberproteine binden viel Wasser, so dass Teigwaren und Brot aus Dinkel länger frisch und weich bleiben. Die Backqualität reinen Dinkelmehls ist allerdings geringer als bei Weizenmehl, daher ist eine Mischung mit anderen Getreidemehlen empfehlenswert.

Tabelle 3: Vergleich der Ansprüche und Eigenschaften von hexaploiden Weizenarten	
Dinkel (Spelt), <i>Triticum spelta</i>	Weichweizen (Saatweizen), <i>Triticum aestivum</i>
Spelzgetreide	Nacktgetreide
60% Kohlenhydrate (Körner)	70% Kohlenhydrate (Körner)
15 – 17 % Proteine (Körner)	11 – 12% Proteine (Körner)
Resistent gegen Nässe und Kälte	Empfindlich gegenüber Nässe und Kälte
Keine hohen Ansprüche an die Bodenqualität	Tiefgründige Lössböden, Mineralstoffdünger
Kaum Pilzbefall	Anfällig für Pilzbefall (z.B. Getreiderost)

Dinkel wird entspelzt

Anbauggebiete sind in Deutschland das badische Taubergebiet, die Schwäbischen Alb sowie Oberschwaben, daher der Name „Schwabenkorn“. Größere Anbauggebiete gibt es noch in der Schweiz und in Belgien. Dinkel ist eine anspruchslose Weizenart. Er kann auch auf weniger tiefgründigen, steinigere Böden ausgesät werden. Ein Nachteil für die Verarbeitung ist, dass die Ähren bei der Reife leicht auseinander brechen, so dass bei der Ernte hohe Verluste entstehen. Zudem bleiben die Körner fest von ihren Spelzen umschlossen. Sie werden in der Regel auch so ausgesät, denn die Körner sind so viel besser vor Bodenpilzen und Mikroorganismen geschützt. Der Mähdrescher erzeugt beim Dinkel ganze Ährchenabschnitte oder Vesen („Spelz“, Abb. 8) die erst in Mühlen, die den sogenannten „Gerbgang“ besitzen, entspelzt werden. In Deutschland gibt es nur noch wenige Mühlen mit Gerbgängen, hauptsächlich auf der Schwäbischen Alb im Zentrum des Dinkelanbaues. In diesem Zusammenhang gibt es noch eine Besonderheit: Die „Grünkern“-Gewinnung.

Das Gerben (Entspelzen) geschieht zwischen großen Mahlsteinen von 1,10 m Durchmesser, die aus grobem Sandstein mit rauher Oberfläche bestehen. Der untere Stein steht still, der obere (Läufer) dreht sich 150 bis 200 Mal pro Minute. Der Abstand zwischen beiden Steinen wird so eingestellt, dass er etwa 1mm weniger beträgt als die Dicke der Ährchenabschnitte. Während des Drehens werden die Körner durch die Reibung aus den Ährchen herausgedrückt. Anschließend befördern Saugvorrichtungen (Elevatoren) das Gerbgut in eine Maschine, in der die Spreu von den Körnern getrennt wird; die Körner fallen durch Siebe, die Spreu bleibt oben. Der zusätzliche Arbeitsgang in den Gerbmühlen und die geringere Ausbeute (35 % Spreu) lieferten die Gründe für den Rückgang des Dinkels nach dem Aufkommen der modernen Landwirtschaft mit Mineralstoffdüngung. Heute, mit der Zunahme des "ökologischen Landbaues" und der zunehmenden Produktion von regionalen Spezialitäten ist der Dinkelanbau wieder in Mode gekommen.



Abb. 7: "Vesen" oder "Spelz" genannte Ährchenabschnitte, die beim Dreschen von Dinkel entstehen.

Grünkern ist auch Dinkel

Bei der Gewinnung von Grünkern, der seit etwa 300 Jahren im Main-Tauber-Gebiet auf zahlreichen kleinen Flächen erzeugt wird, handelt es sich um die Ernte unreifer Dinkelkörner 2 bis 3 Wochen vor der Reife. Die Ähren sehen dann grüngelb aus, die Körner sind noch grün und weich, ihr Inhalt ist breiig. Früher wurde das Erntegut anschließend zu den Darren (Abb. 9) gefahren, große, flachbödige Wannen aus Siebplatten, unter denen ein Holzfeuer aus Harthölzern glühte. Bei 110 bis 150 °C wurden die Körner „gedarrt“. Das Getreide musste dabei 6 Stunden lang umgeschauelt werden. Heute wird das meiste Erntegut in Heißluftanlagen getrocknet. Das Holzfeuer mit den Harthölzern wird aber zusätzlich betrieben, da es einen Räuchereffekt besitzt. Nach dem Darren erfolgt die Entspelzung des Getreides.



Abb. 8: Grünkerndarre aus dem Odenwald (Entnommen der Seite: <http://region-odenwald.info/images/44.jpg>), mit freundlicher Genehmigung von Heinz Schnellbacher, Region-Odenwald.info

Grünkern wird ganz oder geschrotet als Suppeneinlage verwendet. Er kommt im geschroteten Zustand auch in Frikadellen als Fleischersatz (Grünkernfrikadellen) vor und wird gemahlen für die Herstellung von Klößen verwendet. Er zeichnet sich durch einen hohen Nährwertgehalt und gute Bekömmlichkeit aus.

Einst als Unkraut im Weizen: Roggen

Roggen (*Secale cereale*) steht in der Reihenfolge der Weltanbauflächen an letzter Stelle der Getreidearten; er nimmt nur noch 1 % der Weltanbaufläche ein (Tabelle 1). Weltweit ist der Anbau von Roggen seit 1990 von fast 17 Mio. ha auf 6,5 Mio ha Anbaufläche gesunken. Es gibt Sommer- und Winterformen, erstere sind aber wirtschaftlich unbedeutend. Die minimale Keimtemperatur liegt bei 2 bis 3 °C. Roggen ist weltweit auf die kühl-gemäßigten Gebiete beschränkt, und daher vor allem im nördlichen Europa eine wichtige Nahrungspflanze. Roggen überlebt selbst Temperaturen unter minus 25 °C. Das Gras ist eine sogenannte sekundäre Kulturpflanze, die zunächst als Unkraut im Weizen aus ihrer Heimat im Kaukasusgebiet nach Europa gelangt ist. Die Ährchen des Roggens sind zweiblütig und stehen in 8 - 16 cm langen, leicht überhängenden Ähren mit lang begrannnten Deckspelzen. Eine Ähre enthält bis zu 50 Ährchen; bei der Reife sind die Ähren leicht geneigt. Jedes Ährchen



Abb. 9a: Roggen-Versuchsfeld im Botanischen Garten Düsseldorf mit fast reifen Ähren.

Abb. 9b: Roggenblüte mit weit herausragendem Pollensack.



enthält 2 Körner. Die Genomstruktur des Roggens ist diploid ($2n=14$). Das Bild eines Roggenbestandes ist recht uneinheitlich (Abb. 9a), das liegt daran, dass Roggen zu den Fremdbefruchtern gehört und die Pflanzen unterschiedliche Erbanlagen tragen. Die Bestäubung erfolgt sehr leicht durch den Wind, da die langen Pollensäcke weit aus den Ährchen herausragen (Abb. 9b). Meist wird der Pollen von den geöffneten Blüten eines Bestandes gleichzeitig entlassen. Gesteuert wird dieser Vorgang durch die Umgebungstemperatur, wobei die Pollensäcke bei über $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ aufplatzen und den Pollen freisetzen. Als Folge davon kann man über einem Roggenfeld zur Blütezeit bei geeigneter Temperatur und etwas Wind häufig eine gelbe Pollenwolke beobachten

Zuchtziele beim Roggen sind hoher Kornertrag und bessere Standfestigkeit; dieses ist in neuen Hybridsorten, die sich durch lange, feste Ähren mit gleichmäßig großen Körnern auszeichnen, auch bereits gelungen. Andere Ziele sind die Verbesserung der Backeigenschaften und eine vermehrte Resistenz gegen die Pilze Braunrost und Mehltau. Roggenkaryopsen haben die Eigenschaft, relativ früh und vor allem zunächst unsichtbar (im Korn) auszukeimen. Dieser Auswuchs vermindert die Backfähigkeit des Mehls, da dabei Enzyme (Amylasen) Stärke abbauen und in Zucker verwandeln. Die Folge davon ist eine geringere Verkleisterungsfähigkeit des Mehles. Ein Ziel der Züchtung liegt in der Verhinderung dieser frühen Auskeimung.

Winterroggen wird Ende September gesät, die Pflanzen müssen sich noch vor dem Winter bestocken. Er bildet zunächst 2 - 3 Blätter aus und schiebt im Mai/Juni erst seine Ähren tragenden Halme aus, die 1,5 bis 2 m hoch werden.

Die Roggenernte von Hand oder mit Bindemähern erfolgt wenn die Körner vollreif sind, d. h. gelblich und fest. Die Garben müssen auf dem Feld bis zur Totreife der Samen (Wassergehalt von 14 %) trocknen. Die Ernte mit Hilfe moderner Mähdrescher erfolgt immer erst im Stadium der Totreife, weil das Korn bei dieser Prozedur gleich ausgedroschen wird.

Was bewirkt gute Backeigenschaften?

Weichweizen wird hauptsächlich als Brotgetreide verwendet. Aus seinen Körnern wird Mehl gemahlen, das dank seinem hohen Kleberproteingehalt echte Backfähigkeit aufweist. Weizenkörner enthalten zwischen 11 und 14 % Proteine, darunter Albumin und Globuline, der Rest sind Reserveproteine, hauptsächlich Prolamine (Gliadin) und Gluteline. Weitere Inhaltsstoffe können aus Tabelle 4 entnommen werden. Prolamin und Glutelin sind über Disulfidbrücken miteinander verbunden, den Komplex aus beiden nennt man Gluten(in), er ist Grundsubstanz des Klebers. Die Backfähigkeit eines Getreidemehls zeigt sich durch den Grad des Aufgehens im Backprozess. Es muss ein Gebäck mit möglichst gleichmäßiger Porung entstehen. Aus 100 g Weizenmehl lässt sich z. B. ein Brotvolumen von 600 bis 700 ml mit gleichmäßigen Poren erzeugen.

Der Proteinanteil des Roggens ist ernährungsphysiologisch wertvoller als der des Weizens, da mehr essentielle Aminosäuren vorhanden sind. Die Aleuronschicht (vgl. Abb. 1) der Roggenkaryopse enthält Farbstoffe, die das Mehl dunkler gefärbt erscheinen lassen als das des Weizens. Die Backeigenschaft („Verkleisterung“ der Stärke) des Roggenmehles entwickelt sich bei sauren pH-Werten, d. h. nach erfolgter Milchsäuregärung (Sauerteig). Roggen besitzt keine Kleberproteine wie Weizen, daher wird Roggenmehl in den meisten Backwaren mit Weizenmehl vermischt verwendet.

Inhaltsstoffe (g/100g)	Weichweizen	Roggen	Triticale
Wasser	13,2	13,7	12,3
Protein	11,7	8,8	12,9
Fett	2,0	1,7	2,5
Kohlenhydrate	61,0	60,7	63,7
Davon Stärke	58,2	52,4	-
Ballaststoffe	10,3	13,2	6,7
Mineralstoffe	1,8	1,9	1,9
Vitamine	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Vitamin B1	0,50	0,35	0,36
B2	0,11	0,17	0,32
B6	0,27	0,23	-

Nicotinamid (Niacin)	5,10	1,81	2,10
Pantothensäure	1,18	1,50	0,67

Typenangaben beim Weizenmehl (Typen 405, 550, 812, 1200, 1600) bezeichnen den Ausmahlungsgrad der Körner. Die Zahlen bedeuten mg Asche pro 100 g wasserfreies Mehl. Beim Mahlen wird hauptsächlich der Mehlkörper (das Endosperm) verwendet, der Rest (Samenschale und Keimling) wird als Weizenkleie abgetrennt und kommt entweder in ballaststoffreichen Müsli-Mischungen oder auch pur in den Handel. Weizenkleie wird auch zu Viehfutter verarbeitet. Wird von den äußeren Schichten des Kornes mehr vermahlen, steigen der Aschengehalt und der Vitamingehalt des Mehles an. Dadurch wird die Backqualität geringer, das Mehl aber ernährungsphysiologisch wertvoller. Mehle mit hohen Typenzahlen erscheinen dunkler als solche mit niedrigen.

Deutsche Brotkultur

Es gibt mehr als 300 anerkannte Brotarten in Deutschland, ohne das Kleingebäck und Brötchen mitzuzählen. Roggenmischbrote gelten im Ausland als "deutsches Brot", denn in keinem anderen Land wird so viel unterschiedliches dunkles Brot hergestellt. Wir unterscheiden grundsätzlich zwischen gesäuertem, d.h. mit Hilfe von Sauerteig angesetztem und ungesäuertem, mit anderen Backtriebmitteln angesetztem Brot (Abb. 10). In Deutschland gibt es folgende Brotsorten gemäß dem Mischungsverhältnis von Weizen- und Roggenmehl:

- **Roggenbrote** (mindestens 90 % Roggenanteil)
- **Roggenmischbrote** (51 - 89 % Roggenanteil)
- **Weizenmischbrote** (51 - 89 % Weizenanteil)
- **Weizenbrote** (mindestens 90 % Weizenanteil)
-



Abb. 10: Sauerteigbrote aus gemischten Mehlsorten, mit freundlicher Genehmigung der Allgemeinen Bäckerzeitung

Darüber hinaus können dem Brot auch Gemüse (Möhren, Kartoffeln, Mais) Körner (Sonnenblumenkerne, Leinsamen, Kürbiskerne u.v.m.), Gewürze (Rosinen, Kümmel, Kardamom, Anis) und viele weitere Zutaten zugegeben werden. Für alle gemeinsam gilt aber,

dass Brot per Definition weniger als 10 Gewichtsteile Fett und/oder Zuckerarten auf 90 Gewichtsteilen Getreide oder Getreideerzeugnisse enthält.

Für die typische deutsche Brotkultur mit ihrer ausgeprägten Regionalität gibt es zwei Gründe: Zum einen tragen die Bodenverhältnisse sowie die klimatischen Verhältnisse zum Anbau der hauptsächlich genutzten Getreide bei. Traditionell wurde schon seit dem 5. Jhdt. v. Chr. nördlich der Alpen hauptsächlich Roggen angebaut, mit einer Ausnahme, dem Dinkel in weiten Teilen des Schwabenlandes. Roggen braucht keine tiefgründigen Böden, er wächst auch auf sandigen Böden und ist bei weitem nicht so kalteempfindlich wie Weizen. Noch bis ins späte 18. Jhdt. hinein galt Roggen als die Hauptbrotfrucht in Deutschland. Der Grund für die ausgeprägte Regionalität lässt sich aus unserer Geschichte im Mittelalter, vor allem aus der Kleinstaaterei ableiten: In Deutschland kam es nie zu einer solchen Zentralisierung der Staatsgewalt wie beispielsweise in Frankreich oder in England. Es gab zahlreiche sehr mächtige Stammesherzogtümer, deren Autonomie mit Gewalt verteidigt wurde; außerdem verteidigten auch die neu gegründeten Städte ihre Unabhängigkeit gegen die jeweiligen Landesherren. So kam es zu örtlichen Varianten und vielen lokalen Eigenheiten im Bäckerhandwerk.

Literatur

1. BICKEL-SANDKÖTTER, S. (2001) Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
2. KÖRBER-GROHNE, U. (1988) Nutzpflanzen in Deutschland. Konrad Theiss Verlag GmbH, Stuttgart. Ed. 2.

3. Mielke, H. und Rodemann, B. (2007) Der Dinkel, eine besondere Weizenart – Anbau, Pflanzenschutz, Ernte und Verarbeitung. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59, S. 40 – 45.
4. Bundesministerium für Bildung und Forschung (18.07.2014) Unser täglich Brot - verbesserte Weizensorten durch Entschlüsselung des Erbguts
5. Mayer, K. et al. (2012) Analysis of the bread wheat genome using whole-genome shotgun sequencing, Nature 491, 705 - 710
6. Mayer, K.X. et al./ The International Wheat Genome Sequencing Consortium (2014) A chromosome-based draft sequence of the hexaploid bread wheat genome, Science, Vol. 345 no. 6194
7. Marcussen, T. et al./ The International Wheat Genome Sequencing Consortium (2014) Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat, Science, Vol. 345 no. 6194
8. Anbautelegramm Getreide (pdf) aus den Internetseiten der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern (www.landwirtschaft-mv.de/)

Zusammenfassung

Unter „Brotgetreide“ verstehen wir heute die Weizenarten, vor allem Weichweizen und Dinkel sowie Roggen, der bekannt ist für die dunklen, schwereren, im Ausland als typisch deutsch empfundenen Brotsorten. Um Züchtungsziele schneller erreichen zu können, ist das riesige Weizengenom heute Objekt intensiver Forschung. Weizen ist hexaploid und enthält drei Genome nebeneinander, die sich nicht untereinander vermischen. Die Aufklärung der Gensequenzen ist deshalb erschwert und liefert auch im Erfolgsfall keine Erkenntnis darüber, welches Genom zu welchem Zeitpunkt der Entwicklung der Pflanzen aktiv ist. Die Urformen von Einkorn (diploid) und Emmer (tetraploid) waren Vorfahren des heutigen Weizens und des Dinkels. Dinkel ist weniger anspruchsvoll als Weizen, hat aber den Nachteil, einen zusätzlichen Gerbgang zu benötigen, um die Körner ohne Spelzen zu gewinnen. Er gehört heute wieder zu den modernen Brotgetreiden. Der Proteinanteil des Roggens ist ernährungsphysiologisch wertvoller als der des Weizens, da mehr essentielle Aminosäuren vorhanden sind. Roggen ist ein typisches deutsches Brotgetreide. Das resultiert zum einen daraus, dass die norddeutschen Böden für Roggen geeigneter waren als Weizen und zum anderen aus klimatischen Gründen.

Kurzbiografie



Susanne Bickel studierte Biologie und Chemie an der Universität Hannover. Für ihre Dissertation in der Photosynthese-Forschung an der Tierärztlichen Hochschule Hannover erhielt sie 1981 den Heinz-Maier-Leibnitz-Preis. 1983 wechselte sie in das Institut für Biochemie der Pflanzen an die Universität Düsseldorf und wurde dort 1989 habilitiert; sie besitzt die Lehrbefugnis für das Fach Botanik. Frau Bickel ist seit 1996 außerplanmäßige Professorin an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, unterbrochen durch mehrjährige Vertretungsprofessuren in Köln, Hannover und Dortmund. 1998 wechselte sie in die Fachdidaktik und leitete in Düsseldorf die Ausbildung der Studierenden für das Lehramt; ihr Fachgebiet ist Nutzpflanzenkunde. Frau Professor Bickel ist Vorsitzende des Landesverbands NRW des VBIO und Sprecherin der Landesverbände im Präsidium des VBIO.

Korrespondenz

Prof. Dr. Susanne Bickel
Heinrich-Heine-Universität
Pharmazeutische Biologie und Biotechnologie
Gebäude 26.32
Etage/Raum U1.82
Universitätsstr. 1
40225 Düsseldorf