



7.25 Gräser und Getreide: Entstehung des Kultur-Weizens

Vom Wildgras zum Hochleistungsgetreide

Oktober 2012



Wild-Einkorn (*Triticum baeoticum*)



Kultur-Einkorn (*Triticum baeoticum*)



Ziegengras 1 (*Aegilops speltoides*)



Emmer (*Triticum dicoccon*)



Ziegengras 2 (*Aegilops triuncialis*)



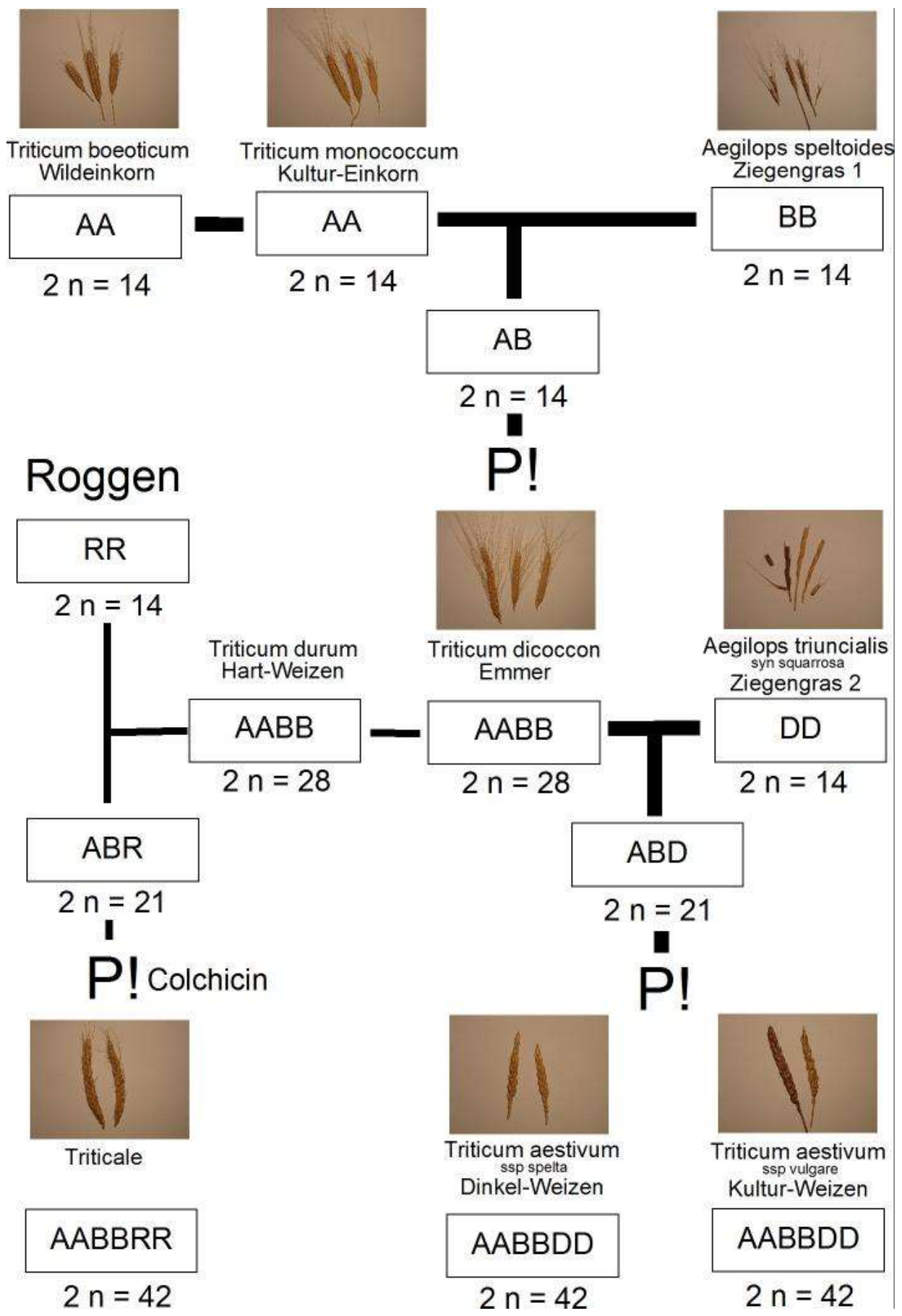
Dinkel (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*)

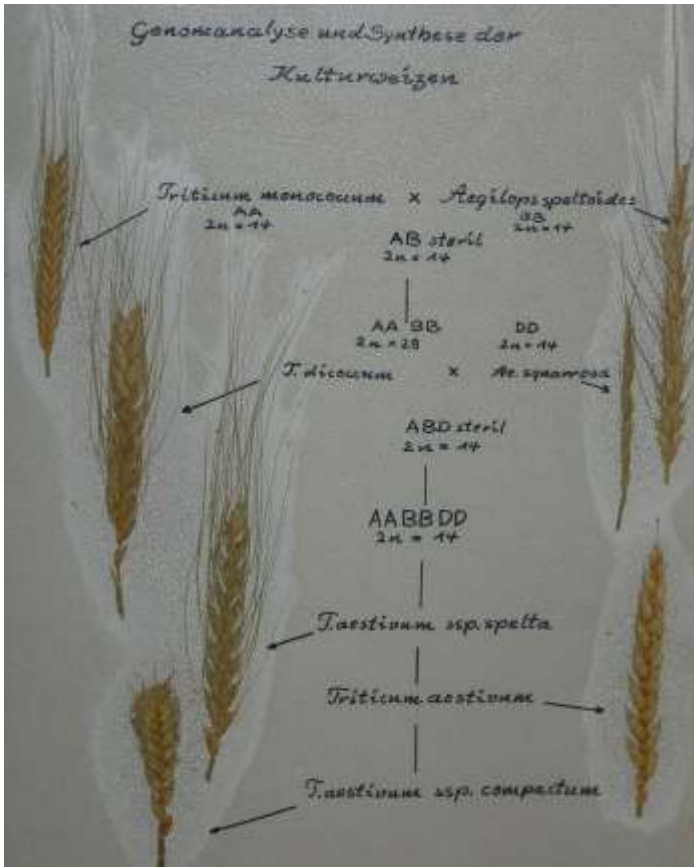


Weizen (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*)



Triticale oder Triticosecale





Impressum:

**Titel: Gräser und Getreide: Entstehung des Kultur-Weizens
Vom Wildgras zum Hochleistungsgetreide**

Arbeitshilfe 7.25 (Neufassung: Oktober 2012)

Verfasser: Ingo Mennerich
Redaktion: Jörg Ledderbogen

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/168-47665
Fax: 0511/168-47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum.info

Inhalt

Inhaltsreich erst auf den zweiten Blick: Unsere „kleinste“ Lieferung	1
Gras ist nicht gleich Gras	3
Aus den trockenen Steppen und Savannen	4
Bionik: Von Grashalmen und Fernsehtürmen	5
Von der "Tulpen"- zur Gräserblüte: Geschichte einer Reduktion	9
Urahn, Ahnen und die liebe Verwandtschaft	10
Häufige, auf das Thema hinführende Gräser auf der Wiese	13
Ausdauernde und annuelle Gräser	13
Früchte der Gräser und das Getreidekorn	14
Weizenkörner keimen lassen	14
Wildgräser haben etwas miteinander - Ein kurzer Ausflug in die Genetik	14
Vom Wildgras zum Kulturweizen	15
Einkorn (das Urkorn)	16
Einkorn (<i>Triticum monococcum</i>) und das „Ziegengras“ <i>Aegilops speltoides</i>	18
Emmer (<i>Triticum dicoccon</i>)	20
Die tetraploide Verwandtschaft aus der Emmer-Reihe	22
Tritisecale: Kreuzung zweier Arten und ein fruchtbar gemachter Bastard	23
Emmer und das "Ziegengras" <i>Aegilops triuncialis</i>	25
Vom Emmer zum Kulturweizen (<i>Triticum aestivum</i>)	26
Zuchtziele: Weizen in der Zukunft	29
Brot (oder Brötchen) selbst anbauen?	29
Zuchtziel "mehrjähriger Weizen"	31

Arbeitsblätter

Gräser

- 10 Gräser auf der Wiese
- Gräserblüte (Modell aus Papier)
- 10 Wiesengräser im Schulbiologiezentrum
- Ährchen des Glatthafters

Getreide

- Getreidearten im Schulbiologiezentrum
- Entstehung des Kulturweizens (zum Einkleben der Bilder)
- A, B und D-Genome des hexaploiden Weizens (Karyogramm)
- Sichtbare Merkmale

50% der Nahrungsmittel wandern in Deutschland in den Müll

Ein Brötchen kostet 30 Cent.

7 Brötchen, das ist ein Quadratmeter Weizen

Den Wert von Nahrungsmitteln wird nur der erfassen,
der sie von Grund auf hat selbst herstellen können...

Inhaltsreich erst auf den zweiten Blick: Unsere „kleinste“ Lieferung

Im Vergleich zu unseren üblichen, in Kisten in die Schule gebrachten Pflanzenlieferungen, etwa den Sukkulenten, den Frühblühern, den Champignons oder den sich vegetativ verbreitenden Pflanzen wirken die sieben kleinen Papiertüten wenig attraktiv. Ihr Inhalt: Trockene Ähren einiger Gräser und Getreidearten. Auf den ersten Blick totes Material und in jedem Fall nichts, was man im Lehrerzimmer oder im Klassenraum auf die Fensterbank stellen kann.

Sie können die Samen aussäen und zur Keimung bringen. Kaum jemand aber wird sich die Mühe machen, die Pflanzen im Schulgarten zur Erntereife zu bringen. Schade eigentlich, denn es ist im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung schon ein Erlebnis zu erfahren wie lange es braucht und mit welchen Mühen es verbunden ist um ein Brötchen aus dem „nichts“ heraus entstehen zu lassen, ein Brötchen das vielleicht 30 Cent kostet und das, weil hart geworden, schnell weggeworfen wird wie so viele Nahrungsmittel.

„Brötchen anbauen“ ist mit dem Inhalt unserer Tüten möglich: Die Samen sind lebendes, nur halt schlafendes Material. Die Ähren sind alle im Schulbiologiezentrum geerntet worden.

Das heißt, Sie können die dazu gehörigen Gräser und Getreide „live“ erleben, vom Auflaufen der Saat im Frühjahr (wir bauen zur Zeit nur Sommergetreide an) bis zur Ernte im Spätsommer.

Wenn Sie in der Schule den Inhalt aus den Tüten holen wollen, stellen Sie fest, dass einige Ähren sehr "mickrig" aussehen, auseinanderbrechen oder sich mit borstigen Grannen hartnäckig „weigern“ aus der Verpackung zu fallen.

Aber wenn Sie dann den Inhalt der Tüten vor sich liegen haben können Sie sagen:

Vor mir liegt eine der wichtigsten Grundlagen unserer modernen Zivilisation und Kultur und die Chance, dass ich morgen, gut mit Energie versorgt, in dieser Welt leben darf. Denn ohne Energiezufuhr gäbe es Lebewesen keine Menschen, keine Zivilisation und keine Kultur.

Der „Treibstoff“, der Sie - wie Benzin oder Diesel das Auto – in Bewegung hält (und nicht nur das) besteht zum großen Teil aus der in Mehl enthaltenen Stärke: Ob Pizza, Pfannkuchen, Semmelknödel, Eistüten oder einfach nur Brötchen: Darin steckt meistens Weizenmehl und dieses ist in der globalisierten Welt eines der universellsten menschlichen und - als Futtermittel auch tierischen - Nahrungsmittel. Mit etwa 1400 kJ pro 100g enthält es so viel in Stärke und Proteinen gebundene Sonnenenergie, dass etwa 700 g Weizenmehl energetisch den Tagesbedarf eines Menschen decken würden. Das entspricht etwa 14 Brötchen. Bei einem durchschnittlichen Weizenertrag von 8,9t/ha in Deutschland braucht man dafür etwa einen Quadratmeter Ackerfläche, pro Tag.

Natürlich essen wir nicht nur Teigwaren, aber es ist spannend herauszufinden in wie vielen Nahrungsmitteln Weizen versteckt ist. Und da soll keiner sagen, er äße nur Chicken Wings:

Weizen spielt eine große Rolle in der Tiermast, ist also auch in Hühnereiern oder Rindersteaks versteckt. Und: Verzuckerte Stärke, von Hefen zu Alkohol (Ethanol) vergoren, steckt im Weizenbier oder treibt – CO₂-neutral, ob aber ökologisch sinnvoll? – Autos an und erzeugt in Biogasanlagen Methan, Wärme und elektrischen Strom.

Mit dem Tüteninhalt kann man wie ein Detektiv den langen und spannenden Weg rekonstruieren, den das von Menschen "an die Hand" genommene wilde Gras genommen hat, um zu Ihrem "Brötchengeber" zu werden.



Weizen ist wie viele andere Nahrungspflanzen nicht natürlich entstanden, sondern das Ergebnis uralter und neuzeitlicher "gentechnischer" Methoden. Das war, vor der Entdeckung der DNA und ihrer Manipulierbarkeit, die gezielte Auslese von Pflanzen mit vorteilhaften Eigenschaften und die zufällige und später geplante Verpaarung dieser Pflanzen unter Ausschluss von Pflanzen mit weniger guten Eigenschaften. "Gut" und "weniger gut" orientierten und orientieren sich an den Bedürfnissen der am Ertrag interessierten Menschen. Die heutigen Begriffe und Techniken heißen Selektion und Züchtung durch Kreuzung. Anders als bei durch „grüne“ Ingenieure genmanipulierten Lebewesen entstanden die Veränderungen im Erbgut anfangs nur zufällig. Auch die Ausbreitung "guter" Gene hing ab vom Vorhandensein passender Sexualpartner und war mit vielen Rückschlägen verbunden. Der Weg zur planmäßigen Züchtung und zur Gentechnik war lang. Unsere Generation(en) halten vorher nie da gewesene Möglichkeiten in den Händen. Das eröffnet Perspektiven, birgt aber auch eine immense, nur durch Teilhabe zu tragende Verantwortung. Diese partizipative Verantwortung bedarf einer Basis von fachlich fundierten Kenntnissen und ethischen Prinzipien. Dieses zu vermitteln, ist Aufgabe der Schule.

Die Geschichte des Weizens ist nicht nur eine biologisch-agrarische, sie ist auch eine geographische, klimatische und sozialgeschichtliche, die in Amerika (Mais!) und Ostasien (Reis) ganz anders verlaufen ist. Geburtsstätte des Weizens ist der "Goldene Halbmond" zwischen den Steppen des heutigen Anatoliens und dem fruchtbaren Zweistromland des heutigen Iraks. Hier - aber nicht nur hier! - wurden nomadische Jäger und Sammler zu sesshaften Bauern und Ackerbürgern, lange bevor das in Mitteleuropa geschah...

Die "Entstehung des Kulturweizens" ist ein biologisches und historisches Thema. Es zeigt beispielhaft, wie Züchtung funktioniert. Es birgt aber viel mehr Aspekte sollte aber nicht isoliert - also beispielsweise nur in einem Genetik-Kurs - behandelt werden:

- Weizen ist ein Getreide und Getreide sind domestizierte Gräser. Gräser sind kein "Muss" auf dem Weg zum Abitur, aber sie begegnen uns vom Fußballrasen bis zum Heuschnupfen. Man sollte sich in der Schule irgendwann einmal mit Gras (und nicht nur mit "Gras"!) beschäftigen
- Weizen ist heute das weltweit dritt wichtigste Getreide und tritt nur hinter Reis und Mais zurück. Er liefert uns "Sonnenenergie, magenfreundlich aufbereitet".
- Weizen ist nur eins der wichtigen Getreidearten: Daneben stehen Gerste, Roggen und Hafer. Halten Sie diese Vier auseinander? Und was ist mit Mais? Und haben sie schon einmal Reispflanzen oder Reis geerntet?

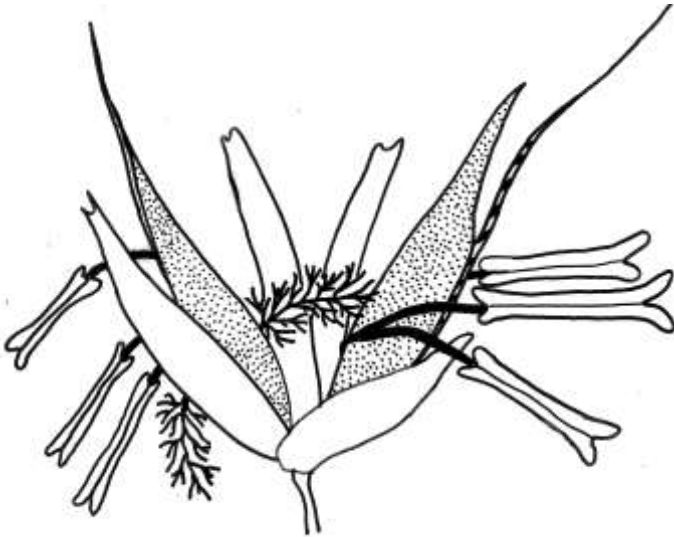
Der Weg zum Weizen führt über das Gras. Vielleicht wäre auch mit Nachschattengewächsen (z.B. Kartoffeln) und Kreuzblütlern (z.B. Kohl) etwas aus uns geworden. Tatsache aber ist, dass wir in Europa in erster Linie von Getreide (und Getreidefressern!) leben. Das eröffnet (hoffentlich) einen neuen Blick auf die ansonsten „langweiligen“ Gräser...



Gras ist nicht gleich Gras

Bevor man mit sich mit Schülern an das Thema „Entstehung des Kulturweizens“ heranmacht, sollte man also zunächst einen Blick auf die Gräser werfen. Dieser Blick fällt schwer in einer Zeit, wo selbst Schulabgänger kaum Elemente einer ganz „normalen“ Blüte aufzählen, geschweige denn mehrere Typen und Arten von Blütenpflanzen aufzählen können.

Viele Schüler verstehen unter „Gras“ etwas, was irgendwo zwischen dem Fußballrasen und einem Rauschmittel angesiedelt ist.



Dass eine Wiese oder ein Rasen nicht aus Gras, sondern vielen Grasarten besteht, ist weitgehend unbekannt.

Die Familie der Poaceae (Süßgräser) umfasst über 10000 Arten, nur die Orchideen, Korbblütler (Asteraceae), Leguminosen und Rötengewächse (Rubiaceae) sind artenreicher. 20 – 30 % der Landoberfläche der Erde sind Grasländer, das ist mehr als die Fläche des tropischen Regenwaldes. Nur in Zentral-Grönland und in der Antarktis gibt es keine Gräser. Viele Kulturpflanzen sind Gräser: Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Mais, Reis, Hirse, Zuckerrohr, Bambus, Schilf (Reet zum Dachdecken) und und und...

Reis, Weizen und Mais machen (direkt und indirekt als Futtermittel) etwa die Hälfte der Energieaufnahme der Menschen aus.

Aus Gerste oder Weizen wird Bier, Korn und Whiskey, aus Mais wird Bioethanol zum Autofahren oder Biogas. Viele umweltfreundliche Alternativen zum Biogas-Mais sind Gräser (Hirse, Switchgrass)... Gräser sind also global (objektiv) ungemein wichtig, spielen aber in der Schule – und im Bewusstsein der Lehrer – kaum eine Rolle.

Wie geht man also an Gräser heran?

Beispielsweise über McDonald (oder andere Burger-Ketten): In jedem Big-Mac steckt durch Gräser aufgefangene und umgewandelte Sonnenenergie, sei es, dass die zum Burger gewordene Kuh auf der Weide gestanden hat oder durch getreidehaltiges Futter gemästet wurde.

Beispielsweise über das Thema „Heuschnupfen“, das zu blühenden Wiesen und zum Aufbau einer Gräserblüte führen wird. Eine Wiese ist etwas anderes als ein Rasen. Bei uns im Schulbiologiezentrum Hannover grenzen beide eng aneinander, auf der einen Seite fußballtauglicher saftig grüner Trittrassen, auf der anderen ein trittempfindliches hohes Dickicht aus dünnen, im Wind schwankenden Halmen an deren Ende Blüten stehen, die Bienen völlig unbeeindruckt lassen. Wie viele verschiedene Gräser gibt es in einer Wiese? Zunächst geht es bei dieser „Jagd“ nicht um Namen sondern allein darum, unterschiedliches zu erkennen, so in erster Linie die Wuchsform. Da gibt es Gräser die mehr oder weniger lockere Ähren bilden, andere mit rispenartigen Blütenständen. Blütenständen? Ähren und Rispen bestehen aus vielen kleinen und unscheinbaren Blüten. Unter den abgepflückten Funden ist oft auch der irrtümlich für ein Gras gehaltene Wegerich (Plantago) der auf diese Weise hervorragend bei der Abgrenzung der Gräser hilft.

Gräser zu bestimmen ist nicht jedermanns Sache und muss auch nicht (mehr) Ziel der allgemeinbildenden Schulen sein. Aber einige Grundeinsichten sollte der Ausflug in die Wiese doch vermitteln:



- Gräser sind „windblütig“: Ihre Pollen, die leicht auf in der Wiese aufgespanntem Tesafilm kleben bleiben (gerade richtig für das Mikroskop!) sind – anders als die Pollen der von Insekten bestäubten Pflanzen – klein, leicht und vor allem glatt.
- Die dünnen, aber langen und stabilen Halme bringen die Blüten in eine Höhe, von der die Pollen aus leicht verfrachtet werden können. Dabei konkurrieren die verschiedenen Gräser um die besten Plätze.
- Unsere Getreide sind Gräser. Häufige Gräser wie das Weidelgras, die Quecke oder die Mäuse-Gerste besitzen Ähren wie der Weizen, der Roggen und die Gerste. Die „Ähren“ des Lieschgrases oder des Fuchsschwanzes sind (rispige bzw. traubige) Scheinähren, d.h. nur dichte, zu einer Walze zusammengedrückte Rispen und Trauben. Der Glatthafer bildet Rispen wie der Hafer.
- Gräserblüten bestehen aus mehr oder weniger fest umhüllenden Spelzen. Zwischen den geöffneten Spelzen hängen die Pollen produzierenden Staubgefäße heraus die bei trockenem Wetter Wolken von Blütenstaub entlassen. Ihr „Ziel“ sind die federbuschartigen Narben anderer Blüten.
- Gräserblüten produzieren – wie die Blüten z.B. der Kiefer - keinen Nektar.
- Aus den bestäubten Blüten gehen die Früchte hervor, die sich zu einem späteren Zeitpunkt aus den „verwelkten“ Blüten herausschütteln („dreschen“) lassen. Die Früchte bestehen (z.B. beim Honiggras) aus von trockenen Spelzen umhüllten „Samen“ (besser: Karyopsen, s.u.). An den Spelzen sitzen mit Widerhäkchen bewehrte Grannen.
- Die Grannen bleiben im Fell die Wiese durchstreifender Tiere hängen. Dadurch wird der zwischen den Spelzen eingeschlossene Samen verbreitet.
- Die unter der Lupe herauspräparierten Grassamen sind viel kleiner als Getreidesamen.
- Sie keimen erst dann, wenn ihnen Feuchtigkeit zugeführt wird.

Aus den trockenen Steppen und Savannen...

Gräser sind eine Folge eines langen andauernden globalen Klimawandels, der seit Beginn des Tertiärs (heute auch Paläogen genannt) vor 65 Millionen Jahren zu einer Abkühlung und Austrocknung (Aridisierung) der Erde geführt hat. Maßgebliche Gründe sind in der Bewegung der Kontinentalplatten zu suchen die zum Auseinanderbrechen und –driften „Europas“ und „Amerikas“, zur nach Norden gerichteten Ablösung „Australiens“ und „Südamerikas“ von der „Antarktis“, zur Kollision „Indiens“ und „Asiens“ (hier entstand der Himalaya und das Tibetische Hochland) und zur Vereinigung „Nord-“, und „Südamerikas“ führte. In diese Zeit fällt auch das endgültige „Aus“ für das schon seit längerem von beiden Seiten eingegengte Urmittelmeer, die Thethys.

Diese und andere Ereignisse verursachten gewaltige Veränderungen im weltumspannenden Energietransportsystem der Meeresströmungen und neue meeresferne (kontinentale) Landschaften. Die Folge war eine globale Abkühlung mit mehreren, seit etwa 2 Millionen Jahren auftretenden Vergletscherungen und ausgedehnten, im Regenschatten neuer, durch Plattenkollision entstandener Hochgebirge.

Erste Gräser sind für die Zeit des frühen Tertiärs vor etwa 55 Millionen Jahren nachgewiesen. Blütenpflanzen im eigentlichen Sinne gab es schon in der Oberkreide vor etwa 110 Millionen Jahren. In letzter Zeit häufen sich Meldungen, nach denen Grassamen und im versteinerten Kot (Koprolithen) von Dinosauriern gefunden wurden. Danach wären die Gräser noch deutlich älter...

Graslandschaften entwickelten sich in Co-Evolution mit grasenden, wiederkäuenden Säugetieren wie Bisons und Kamelen sowie Pferden. Sie trugen durch Verbiss und Tritt dazu bei, dass Schatten werfende Büsche und Bäume niedergehalten wurden und verbreiteten die Grassamen. Viele Gräser ertragen den Verbiss nicht nur, sie werden dadurch im Wachstum sogar noch angeregt. Durch Bestockung, d.h. das Wachstum von Seitentrieben, breitet sich das Gras flächenhaft aus. Schafe sorgen durch das Beweiden für eine lückenlose Grasnarbe auf dem Deich und so tragen beide, Pflanze und Tier zum Küstenschutz bei. Der Rasenmäher ist ein modernes technisches „Weidetier“



und ein „gepflegter“, oft gemähter Rasen liefert die Grundlage für den Golfsport und Bundesliga-Spiele...

Große (natürliche) Graslandschaften erstrecken sich über weite Flächen Nordamerikas (Great Plains) und Südamerikas (Pampa) im Lee der nord-südlich streichenden und quer zu den vorherrschenden Westwinden liegenden Gebirgszüge, den Rocky Mountains bzw. den Anden. Ähnliches gilt für die Grassteppen, die sich von Ost- und Südosteuropa bis nach Vorder- und Zentralasien hineinziehen. Ein Vergleich physischer Karten mit denen der Windrichtungen, Niederschläge und der Vegetation zeigt, dass die Steppen in Gebieten liegen, die vom Meer weit entfernt oder durch hohe Gebirge abgeschottet sind.

Die Urheimat unserer Getreide liegt in der Türkei, dem Irak und Iran, in einem Gebiet das man aufgrund seiner Form den „Fruchtbaren Halbmond“ nennt. Hier trafen mehrere günstige Umstände aufeinander. Geringe Niederschläge und viele, Lebensräume voneinander isolierende Höhenzüge waren ideal für das Wachstum von Gräsern und die Entwicklung einer Vielzahl von Arten, also eines breiten Genpools.

Das regionale Klima in der Eiszeit und Nacheiszeit war feuchter als heute. Hier vollzog sich der Übergang von nomadisierenden, jagend-sammelnden Gesellschaften zu sesshaften Ackerbauern und schließlich zu Hochkulturen, lange bevor sich in unseren Breiten ähnliches vollzog. Zwei Flüsse, Euphrat und Tigris, trugen und trugen Wasser aus den nördlich gelegenen und im Winter schneereichen Höhen in die trockenen Steppenlandschaften des heutigen Iraks. Dieses durch Wasser fruchtbare Zweistromland und die Fähigkeit der Ackerbauern, die Vielzahl der Städter zu versorgen war die Basis der babylonischen Hochkultur.

Artenvielfalt und intelligente Bauern: Ohne dieses Zusammentreffen wären das Brötchen und die Pizza vielleicht nie entstanden...

Die sich auf das Süßgras Mais gründenden südamerikanischen Hochkulturen der Inkas, Mayas und Azteken und die auf Reis basierenden Kulturen gingen einen anderen Weg.

Bionik: Von Grashalmen und Fernsehtürmen...

Wer dem Wind Massen von Pollen anvertraut, muss hoch hinaus. Die den Blütenstand tragenden Grashalme sind bei den Süßgräsern hohl, dünn und im Verhältnis dazu extrem lang. Bei einem 60 cm hohen und 3 mm starken Grashalm ist das Verhältnis Höhe/Durchmesser 200 : 1. Wendet man dieses Verhältnis auf den 282 m hohen Telemax (Fernsehturm) in Hannover an, dann müsste er 1,41 m dick sein. Tatsächlich misst der Turmschaft 11 x 11 m, bei einer Wandstärke von zwei bis einem Meter. Das Verhältnis Höhe/Durchmesser ist also etwa 1/25.

Im Telemax sind bei einer Gesamtmasse von 43000 Tonnen 17000 m³ Beton und 4000 Tonnen Stahl verbaut. Er ist 470mal höher als ein 60 cm hoher Grashalm. Wenn der Grashalm 1/470 des Telemax wiegen würde, brächte er 91,5 Tonnen auf die Waage.

Tatsächlich wiegt er nur wenige Gramm. Der Grund: Ein wesentlich besserer Quotient aus Höhe und Durchmesser, leichtere Baustoffe und andere Festigungselemente.

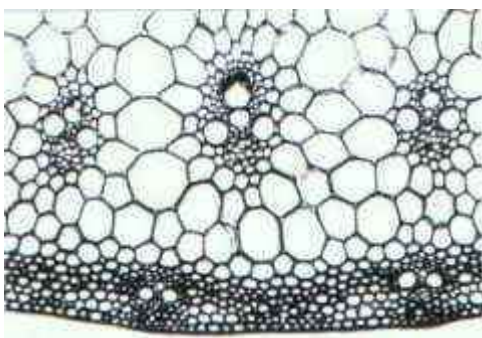


Abb. links

Grashalm Querschnitt

Aus Franz Plotzl: "Der Turm"

Sehr lesenswerte Betrachtung zur Statik von Türmen und Bionik von Gräsern

www.ploetzl.com/pub/derturm

Der Grashalm ist ein hohler Zylinder. Sein Querschnitt zeigt unter dem Mikroskop eine Wand aus relativ großenräumigen „luftigen“ Zellen, die von aus kleinen und starkwandigen Zellen gebildeten



Längselementen gebildet werden. Sie sind die Wasser- und Stoffleitungsbahnen (Xylem und Phloem) die sicherstellen, dass sich die Blüte und die Samen auch in „luftiger“ Höhe entwickeln können.

Modellversuch zum vertikalen Wassertransport



Wie und auf welchem Wege gelangt das Wasser aus der Erde den hohen Halm hinauf? Hier einige Schülerhypothesen:

- Möglicherweise besitzt der Halm (wie Bäume auch) Kanäle ("Wasserleitungen") in denen das Wasser aktiv hochgepumpt wird.
- Möglicherweise steigt das Wasser von selbst in diesen Kanälen hoch (Kapillarkräfte)
- Möglicherweise saugen die Blätter das Wasser hoch.

In einem Modellversuch werden mehrere transparente Trinkhalme ineinander gesteckt. Das gelingt, weil die Öffnungsweiten nie exakt gleich sind so dass man in einer Tüte Trinkhalme stets passende Paare findet. Gegebenenfalls stellt man kurze Verbindungsstücke aus passendem Aquarienschlauch her.

Dann wird ein Blatt saugfähiges Haushaltspapier abgerissen, eine Ecke eingerollt und diese tief in den obersten Trinkhalm hineingedreht. Wenn das Papier nass wird, quillt es auf und dichtet die Öffnung gut ab.

Dann wird die Trinkhalm-Säule auf den Kopf gestellt und z.B. mit einer Pipette langsam mit Wasser gefüllt, umgedreht und schnell (!) in eine mit Wasser gefüllte Flasche gestellt.

Unter der Voraussetzung, dass keine (!) Luft in die Wassersäule dringt, zieht das an der Blattoberfläche verdunstende Wasser die Wassersäule hinter sich hoch und kann die abgebildete Flasche leersaugen.

Abgesehen davon, dass ein beblätterter Halm durch die den Halm umhüllenden Blattscheiden zusätzliche Stabilität erfährt, unterstützen die Wasser verdunstenden Blattspreiten für den Wassertransport bis zum Blüten- und später Fruchtstand hinauf. Im Hinblick auf die vielen bodenständigen Blätter spielen die Halmspreiten bei der Energieaufnahme (Photosynthese) keine übergeordnete Rolle.

Einige Experimente zur Stand- und Biegefestigkeit

- Suche einen möglichst langen Grashalm (mit Blütenstand)
- Bestimme das Verhältnis Höhe / Durchmesser
- Stelle einen Querschnitt des Grashalms her und bestimme das Verhältnis
- Verbinde mehrere Trinkhalme zu einem möglichst hohen stabilen Turm (= „Grashalm“)
- Verankere ihn so gut wie möglich im Boden.
- Bestimme das Verhältnis Höhe / Durchmesser und vergleiche es mit dem Grashalm
- Setze dem künstlichen „Grashalm“ einen Blütenstand aus mehreren schmalen Papierstreifen auf



- Bestimme, um wie viele Zentimeter du die Spitze des echten Grashalms aus der Senkrechten auslenken kannst, ohne dass er knickt. Wie verhält sich das Ergebnis zur Länge und zum Durchmesser des Grashalms?
- Wiederhole das Experiment mit dem künstlichen „Grashalm“!

Einige Experimente zur Festigkeit

- Schneide zwei gleich lange und gleich starke Stücke aus einem Grashalm. Das eine Stück soll (in der Mitte!) einen Knoten haben, das andere keinen
- Nimm die Halmstücke an den Enden zwischen Daumen und Zeigefinger und biege sie.
- Nimm eine Papprolle zur Hand und biege sie, bis sie knickt
- Ersatzweise kannst du auch eine Rolle aus Papier herstellen.
- Bringe an der Knickstelle zwei kleine Löcher an, ziehe einen Faden hindurch und mache dort, wo der Faden ein- bzw. austritt, einen Knoten. Knicke die Rolle noch einmal!
- Stelle eine möglichst biegefesten Rolle aus Wellpappe (Verpackungsmaterial) her!
- Wohin muss die Wellenstruktur zeigen?
- Stelle die Rolle senkrecht auf eine feste Unterlage und belaste sie z.B. mit einem Stein oder deinem eigenen Gewicht.
- Vergleiche die Eigenschaften mit einer Rolle aus einfacher Pappe.

Baue einen Grashalm-Querschnitt nach:

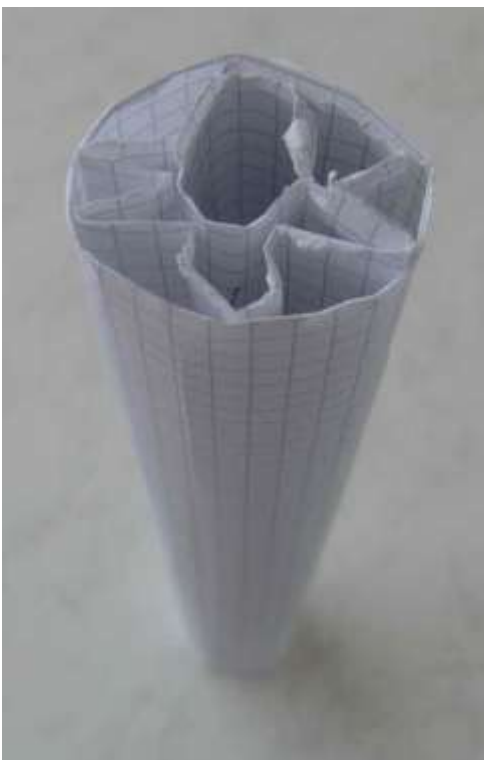


Abb. links
Papierrolle mit Verstärkungselementen



Abb. rechts:
Belastung mit 1 kg schwerem Stein



Teile mit Bleistift und Lineal ein DIN A 4 Blatt der Länge nach in drei gleich breite Abschnitte. Schneide ein Drittel ab und biege ihn zu einer Rolle. Verklebe die Ränder. Lege die anderen zwei Drittel zur Seite. Falte ein weiteres A4-Blatt zu einer „Ziehharmonika“ und klebe sie auf die Rolle. Lege die verbleibenden zwei Drittel des ersten Blatts um die „Ziehharmonika“ herum und verklebe sie.

Belaste diese Konstruktion mit einem Stein oder einem Bücherstapel!



Funktionsmodell eines biegsamen, aber wenig knickgefährdeten Grashalms

Vier oder mehr lange Partytrinkhalme werden durch mehrere, mit Löchern versehene Bierdeckel gesteckt. Wir empfehlen, alle Bierdeckel aufeinanderzulegen und mit einem Pfriem zu durchbohren.

Die Bierdeckel stellen die Knoten (Nodien) eines Halms dar. Sie erhöhen die Biegefestigkeit ganz enorm: Ohne die "Knoten" knicken die Halme bei stärkerer Belastung ein.

Vergleich Grashalm / Fernsehturm:

Der Grashalm ist eine im Vergleich zum Fernsehturm extrem dünne und extrem belastbare Konstruktion. Die Konstruktionselemente ähneln sich in einigen Punkten:

Grashalm	Fernsehturm
In den Abschnitten zwischen den Knoten (Internodien) hohl	Zwischen den Zwischendecken hohl
Knoten	Zwischendecken
Sehr biegsam	Nur geringfügig biegsam
In der Wand verlaufende Stütz- und Festigungselemente	Armierung im Beton
Mit Wurzeln in der Erde verankert	Mit Fundament in der Erde verankert



Von der "Tulpen"- zur Gräserblüte: Geschichte einer Reduktion

Gräserblüten sind unscheinbar und wenig attraktiv. Sie haben weder leuchtende Farben noch entwickeln sie Duftstoffe oder süßen Nektar. Und sie sind auf das Elementarste reduziert. Kein Wunder, dass sie in der Floristik und im Garten kaum eine Rolle spielen, von einigen hübschen Fruchtständen ausbildenden Ziergräser (z.B. Pampagras) mal abgesehen.

Gräser können sich das leisten: Ihr Bestäuber ist der Wind und der muss im Gegensatz zu Insekten und Vögeln weder umworben noch belohnt werden. Hier reichen offen liegende etwas klebrige Narben, die zur Oberflächenvergrößerung wie eine Feder ausgebildet sind, und frei hängende Staubgefäße um Massen von Pollen zu produzieren.



Modell einer Grasblüte aus Papier

Bauanleitung im Anhang

Foto: Ingo Mennerich

Die Pollen werden vom Wind weggetragen und ob sie eine passende Narbe erreichen ist allein dem Zufall überlassen. Nur wenige "schaffen" das, das Meiste geht daneben oder landet in den Nasen und Augen von Heuschnupfenallergikern.

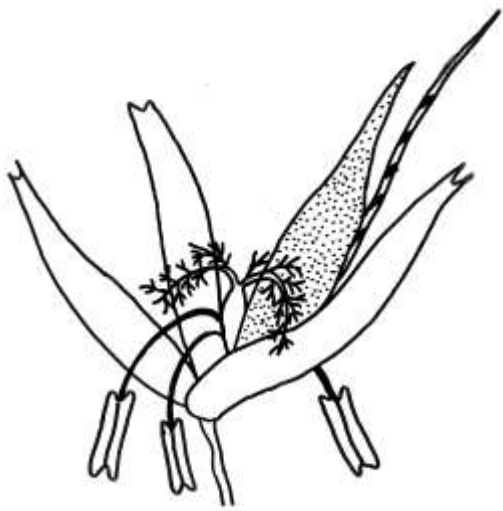
Selbstbefruchtung wird in der Regel dadurch verhindert, dass die Staubgefäße einer Blüte früher reifen als die Narben (Protandie). Dieses lässt sich mit der Lupe oder dem Binokular gut zeigen.

Ähnliches zeigt zur Zeit der Gräserblüte auch die Rosskastanie mit ihren sich farblich verändernden Saftmalen. Die Rosskastanie wird im Gegensatz zu den Gräsern von Bienen und anderen Insekten besucht wird und löst keine Allergien aus.

- Damit die auf das einfachste reduzierte Grasblüte in Ruhe heranwachsen kann, ist sie von trockenen Hüllblättern umschlossen, den so genannten Spelzen. Ist die Blüte reif, werden die Spelzen von einem Schwellkörper auseinandergedrückt, sodass Narben und Staubbeutel frei liegen. Wenn nach der Bestäubung die Pollenkörner auf der Narbe keimen und der Pollenschlauch durch Griffel und Fruchtknoten gelangt, kommt es in der Samenanlage zur Befruchtung der Eizelle.

Der heranwachsende Samen wird wie ein Kind von der "Mutterpflanze" versorgt, fällt bei Reife heraus oder wird dank seiner mit Widerhäkchen besetzten Granne(n) von Tieren abgestreift und weggetragen.





Grasblüte

Ein Ährchen (viele Ährchen bilden eine Ähre) mit

- 2 äußeren Hüllspelzen
- 1 inneren Deckspelze
- 1 Vorspelze (mit Granne)
- 2 Schwellkörpern (drücken die Spelzen zur Blütezeit auseinander)
- 3 Staubblättern
- 1 Fruchtknoten mit 2-teiliger Narbe

Zeichnung: Ingo Mennerich

Urahen, Ahnen und die liebe Verwandtschaft

Windblütigkeit ist ein kennzeichnendes Merkmal der Gräser. Um den Wind zur Pollen- und Samenverbreitung optimal nutzen zu können und um die Chancen einer Bestäubung zu erhöhen bedarf es einer großen Zahl von Blüten und einer in Bezug auf andere Pflanzen möglichst erhöhten Position. Bei den Gräsern sind die Blüten zu Blütenständen zusammengefasst, als Ähre, als Traube oder als Rispe. Der den Blütenstand tragende Halm schießt hoch über den vegetativen Teil der Pflanze hinaus. Die Blüten selbst sind nur Varianten eines ansonsten recht einheitlichen Organisationsschemas. Gräser haben überwiegend Zwitterblüten, tragen also weibliche und männliche Elemente in einer Blüte. Darin unterscheiden sie sich von anderen vom Wind bestäubten Gruppen: Bei Nadelhölzern wie Kiefer, Fichte und Tanne finden wir weibliche und männliche Blüten bzw. Blütenstände voneinander getrennt auf einer Pflanze, ebenso bei Eichen, Buchen, Birken, Haseln, und Erlen. Sie sind monözisch (einhäusig = Männliche und weibliche Blüten sind einem "Haus" versammelt). Bei den Gräsern macht der Mais eine Ausnahme: Er trägt weibliche, zu Maiskolben heranwachsende Blüten mit langen Narben und männliche, ausschließlich der Pollenerzeugung dienende Blüten. Die zu den Nadelhölzern zählende und ebenfalls windblütige europäische Eibe ist diözisch (zweihäusig), man findet normalerweise voneinander getrennte weibliche und männliche Pflanzen. Die Weiden sind ebenfalls zweihäusig, werden aber sowohl vom Wind als auch von Insekten bestäubt. Unter den Gräsern ist das bekannte Pampagras (*Cortaderia*) zweihäusig.

Ist Windblütigkeit (Anemophilie) ein ursprüngliches Merkmal oder nicht? Die das Erdmittelalter (Mesozoikum) beherrschenden Gymnospermen (Nacktsamer mit offen auf den Fruchtblättern liegenden Samenanlagen) sind anemophil. Zu dieser Gruppe gehören die Nadelhölzer (Kiefer, Fichte, Tanne, Eibe, Wacholder...). Die in der Kreidezeit einsetzende Entwicklung und Ausbreitung der Angiospermen (Bedecktsamer mit vom Fruchtblatt eingeschlossenen Samenanlagen) vollzog sich in enger Co-Evolution mit den Insekten. Diese führte zur Ausbildung einer ungeheuren Formenvielfalt, von Schmeißlingen (farbige Kronblätter, Saftmale) und Lockmitteln (Blütenduft, Nektar, eiweißreicher Pollen) auf die die Evolution der Insekten mit einer Vielzahl von Spezialeinrichtungen antwortete.

Die Blütenpflanzen (im engeren Sinne) sind ursprünglich zoophil, also tierbestäubt. Dieser "fortschrittliche" Trend ist innerhalb der Angiospermen mehrfach zurückgefahren worden mit zum Teil dramatischer Reduktion und Vereinfachung von Blütenelementen.

Im Falle der Gräser ist dies dem quartären (eiszeitlichen) Klimawandel geschuldet der tertiäre, feuchttropische und artenreiche Landschaften in vom Massenaufreten weniger Arten geprägte Steppen verwandelte.



In dieser baumarmen, windreichen Umgebung lohnt sich die massive Pollenproduktion. Sie geht einher mit einer Vervielfachung der Blütenzahl pro Pflanze, die zu mehr Samenproduktion und, bei geringerer Konkurrenz, zu mehr Ausbreitungschancen führt.

Vorteilhaft sind leichte, nicht haftender Pollen, ungleichzeitige Samenreife (Risikostreuung) und die Samen fest einschließende, mit Widerhaken versehene Anhänge (Grannen), die die passive Verbreitung fördern. Gräser sind ausdauernd, das heißt sie überstehen viele Jahre lang trockene und kalte Jahreszeiten unterirdisch und eng dem Boden anliegend.

Heute noch lebende insektenbestäubte Verwandte der Gräser sind die Tradescantien mit dem "Flinken Heinrich" und der Dreimasterblume. Sie sind zwar nicht die Vorfahren der Gräser, zeigen aber, wie die Reduktion der Blüten zu verstehen ist.

Innerhalb der Blütenpflanzen (Angiospermen) gehören die Gräser (Süßgräser = Poales) zur den Monocotyledonen oder Monocots (Einkeimblättrige). Das stellt sie in die Verwandtschaft z.B. der Liliengewächse (Tulpe, Osterglocke usw.), aber auch in die Nähe des Ingwers und der Banane. Ohne in diesem Zusammenhang näher auf systematische Verhältnisse und diesbezügliche Auseinandersetzungen eingehen zu können sei hervorgehoben, dass sie mit den Palmen (Arecales) und Ingwerartigen (Zingiberales) zur Gruppe der Commeliniden zählen. Dazu gehören die Commelinaartigen und hierzu die Familie der Commelinaceae mit den Tradescantien.

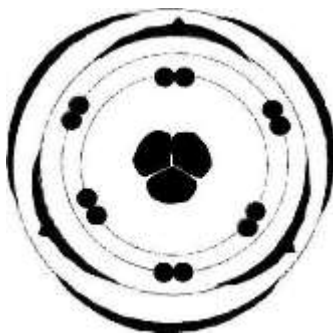


Tradescantia (Dreimasterblume)
Dreizähligkeit typisch für Monokotyledonen

Foto:
Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover

Der in unserem Unterrichtsprojekt "Regenwald im Gurkenglas" oder zur (einfachen) Stecklingsvermehrung oft eingesetzte Flinker Heinrich (*Tradescantia zebrina*) ist ein Vertreter dieser Gruppe. Ein anderer ist die ebenfalls im Schulbiologiezentrum erhältliche Dreimasterblume (*Tradescantia virginiana*). Sie hat breite grasähnliche Blätter und lockere Blütenstände mit radiärsymmetrischen, dreizähligen Zwitterblüten (3 Kelchblätter, 3 Kronblätter, 2 x 3 Staubblättern und aus 3 Fruchtblättern verwachsenen Fruchtknoten). Sie bildet dreikammerige Kapsel Früchte mit je ein bis drei Samen.

Blütendiagramm Tradescantia (Commelinae)

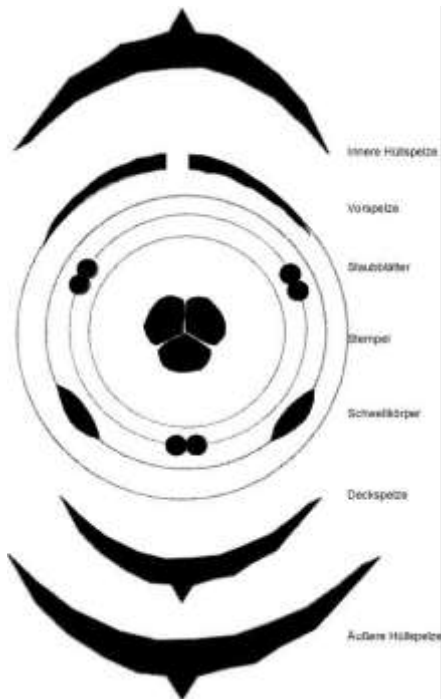


- Äußerer Perigonkreis:
- Innerer Perigonkreis:
- Androeceum:
- Gynoeceum:
- 3 Kelchblätter (Kelch, Calyx)
- 3 Kronblätter (Krone, Corolla)
- 2 x 3 Staubblätter
- 3 Fruchtblätter (Stempel)

Grafik: Ingo Mennerich



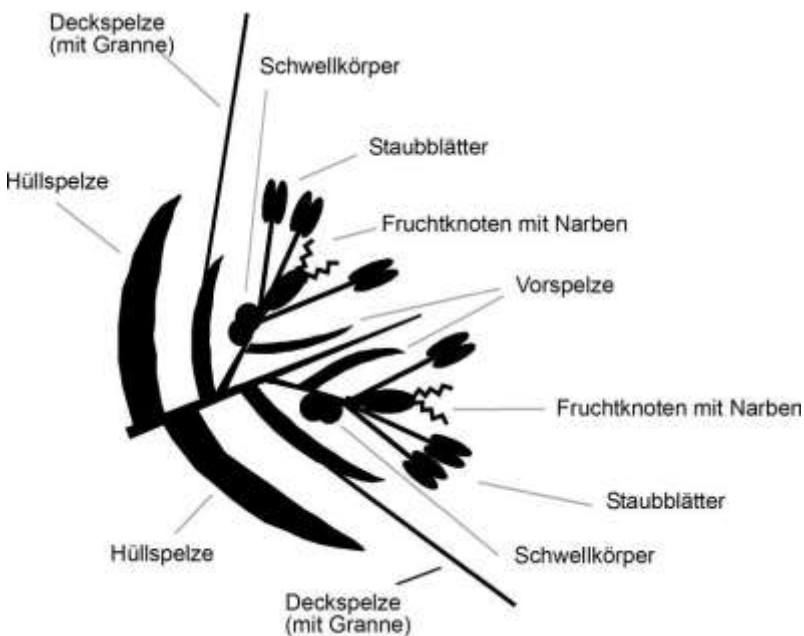
Blütendiagramm Gräser
(Poaceae)



- Äußerer Perigonkreis:
- Innerer Perigonkreis:
- Androeceum:
- Gynoecium:
- Reduziert: 1 Vorspelze
- Reduziert: 2 Schwellkörper
- Reduziert: 3 Staubblätter
- 2 - 3 Fruchtblätter (Stempel)

Grafik: Ingo Mennerich

Aufbau eines Gräsährchens (schematisch):



Grafik: Ingo Mennerich



Häufige, auf das Thema hinführende Gräser auf der Wiese

Bilder im Anhang!

Wiesen-Fuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	Ausdauerndes Gras mit Kriechtrieben Fruchtstand: rispige Scheinähre
Wiesen-Lieschgras	<i>Phleum pratense</i>	Ausdauerndes Horstgras Fruchtstand: traubige Scheinähre
Glatthafer	<i>Arrhenatherum eliatum</i>	Ausdauerndes Horstgras Fruchtstand: Doppeltraube oder Rispe
Knäuelgras	<i>Dactylis glomerata</i>	Ausdauerndes Horstgras Fruchtstand: Rispe
Wolliges Honiggras	<i>Holcus lanatus</i>	Ausdauerndes Horstgras Fruchtstand: Rispe
Wiesen-Rispengras	<i>Poa pratensis</i>	Ausdauerndes Gras mit unterirdischen Ausläufern Fruchtstand: Rispe
Weiche Trespe	<i>Bromus mollis</i>	Ein- bis zweijähriges Horstgras Fruchtstand: Doppeltraube oder Rispe
Quecke	<i>Elymus repens</i>	Ausdauerndes Gras mit Ausläufern Fruchtstand: Ähre
Ausdauerndes Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	Ausdauerndes Horstgras Fruchtstand: Ähre

Ausdauernde und annuelle Gräser

Die meisten dieser Gräser sind – im Gegensatz zum Weizen – ausdauernd, das heißt nach dem Abblühen und Ausreifen der Ähren verwelkt nur der Fruchtstand (Halm und Ähre). Der vegetative Teil, also die Blätter überdauern.

Die unter der Gattung *Triticum* zusammengefassten Weizenarten sind annuell, was sie als ursprüngliche Steppen- und Wüstengräser ausweist. Bei ihnen vergeht nach der Fruchtreife die ganze Pflanze, die nach einer Trockenzeit aus dem Samen neu „geboren“ wird.

Weizen lässt sich also nicht, wie etwa Erdbeeren, jedes Jahr neu von derselben Pflanze ernten. Die Quecke (*Elymus repens*) wurde früher als *Triticum repens* zur Gattung Weizen zugeschlagen. Sie ist aber ausdauernd: Ihre unkrautartigen Eigenschaften, sie bildet unterirdische Rhizome (Ausläufer), unterscheidet sie deutlich vom Weizen, von dem nach der Ernte nur trockenes Stroh übrig bleibt.

Früchte der Gräser und das Getreidekorn

Zunächst: Der Begriff „Samen“ führt durch die gleichzeitige Verwendung von „Samen“ im Sinne von Spermien zur Verwirrung. Es muss daher deutlich werden, dass der Samen im eigentlichen Sinne ein von einer Schale und von einem Nährstoffpaket umschlossener Embryo ist, der aus einer befruchteten Eizelle hervorgegangen ist.

Und auch das ist verwirrend: Die „Körner“ der Gräser und damit auch das Getreidekorn sind botanisch gesehen – anders als viele vermuten – keine Samen, sondern Früchte. Diese Grasfrüchte sind allerdings etwas Besonderes: Anders als die Samen der Erbse, die aus der Reife aufspringenden Fruchthülle (der Hülse) herausfallen, ist bei den Gräsern der Samen (genauer: die Samenschale) fest mit dem umhüllenden Fruchtknoten verwachsen

Ein im Schulbiologiezentrum Hannover ausleihbarer großer Modell-Querschnitt des Weizenkorns zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer solchen, als Karyopse bezeichneten „Schließfrucht“. Fruchtwand und Samenschale sind miteinander verwachsen, so als würde bei einer Kirsche das Fruchtfleisch und die „Haut“ mit dem Kern eine unzertrennbare Einheit bilden.



Unter dieser „Schale“ liegen der Nährstoffspeicher, eine eiweißhaltige Aleuronschicht und der das Korn fast ausfüllende Mehlkörper. Ihm verdanken wir die Pizza und die Brezeln. „Gedacht“ ist er aber eher zur Versorgung des mit einem schildförmigen Blattes (Scutellum) anliegenden Embryos, der die wasserunlösliche Stärke (Mehl) durch Enzyme in Zucker verwandelt. Dieser Tatsache und den zuckervergärenden Hefen verdanken wir das Bier und schließlich auch den (!) Korn.

Das Getreidekorn stellt eine Überdauerungseinheit dar, die Kalt- und Trockenzeiten im Zustand heruntergefahrener Stoffwechselaktivität überdauern kann. Gleichzeitig dient es der Verbreitung, dazu dienen besonders die das Korn fest umhüllenden und begrannten Spelzen.

Unter dem Titel „Vom Korn zum Brot“ und „Vom Korn zum Bier“ hat das Schulbiologiezentrum Arbeitshilfen zum Thema Getreide veröffentlicht.

Weizenkörner keimen lassen

Weizen zeigt im Gegensatz zum Dunkelkeimer Mais ein in Bezug auf Licht neutrales Keimverhalten. Das heißt, der Samen muss bei der Aussaat nur flach in den Boden eingebracht werden. Dort geht er in feucht-warmer Umgebung nach etwa 10 bis 15 Tagen auf und bestockt sich kurze Zeit später: Die junge Pflanze bildet Nebentriebe. Beim Winterweizen, der nach kurzer Samenruhe schon Herbst ausgebracht wird ruht das Wachstum in diesem Zustand. Die Weizenpflanzen überwintern als kurzer, lockerer „Rasen“ um dann nach einer „Vernalisation“ durch Kälte im Frühjahr zu schossen. Durch die Bestockung entstehen aus dem Keimling mehrere beblätterte Triebe, Halme und Ähren.

Der vom Ertrag ärmere, aber proteinreichere Sommerweizen wird erst im Frühjahr ausgesät. Er braucht keine Vernalisation, bestockt sich und treibt sofort aus.

Weizen wird in der Schule oft zur Keimung gebracht, um die Rolle abiotischer Faktoren, zum Beispiel des Lichts zu verdeutlichen. Im Dunkel gehaltene Keimlinge "vergeilen" (von „geel“ = gelb), d.h. sie bilden kein grünes Chlorophyll. Empfohlen sei ein Vergleich zwischen dem Dunkelkeimer Mais, dem Lichtkeimer Roggen und dem lichtneutralen Weizen.

Für Keimversuche reicht es, die Getreidekörner etwa 24 Stunden lang in Wasser quellen zu lassen, dann das Wasser abzugießen und sie in leicht geöffneten Deckelgläsern keimen zu lassen. Ein tägliches Durchspülen und vollständiges Abgießen ist hilfreich gegen Schimmelpilze.

Wildgräser haben etwas miteinander - Ein kurzer Ausflug in die Genetik

Warum gibt es so viele Gräser? Wie sind sie entstanden? Wolken von Blütenstaub in der Wiese lassen vermuten, dass der in Überzahl Pollen meistens sein eigentliches Ziel, die weiblichen Blütenbestandteile der eigenen Art, überhaupt nicht erreichen. Damit scheinen massenhaft Ressourcen verschwendet zu werden.

Zunächst aber: Gräser mendeln –innerhalb einer Art - wie andere Blütenpflanzen auch. Leider sind die Ergebnisse spontaner Kreuzungen nicht so deutlich wie bei japanische Wunderblumen oder Erbsen.

Das wird aber durch die Vielzahl der in einer Wiese versammelten Pflanzen wettgemacht. Der Vergleich vieler am gleichen Standort gesammelter Pflanzen gleicher Art zeigt zum Beispiel, dass die Längen der Grannen oder die Größe der Samen streuen, was natürlich nicht nur genetische sondern auch modifikatorische Ursachen haben kann.

Kreuzungen bei Gräsern können Art-, ja sogar gattungsübergreifend sein wie folgende Beispiele zeigen:

Das Weidelgras (Gattung *Lolium*) tritt in unseren Wiesen in zwei, kaum zu unterscheidenden Arten auf: Beim auch Englisches (oder Deutsches) Raygras genannten *Lolium perenne* ist die Deckspelze nur mit einer nur kurzen Granne besetzt, beim nah verwandten Welschen Weidelgras (auch Italienisches Raygras) *Lolium multiflorum* geht die Deckspelze in eine lange Granne über.

Zwischen beiden Arten gibt es (fruchtbare) Bastarde, z.B. das Oldenburger oder auch Bastard-Weidelgras (*Lolium x hybridum* Haußkn.). Sie sind entweder begrannt wie *L. multiflorum* oder unbegrannt wie bei *L. perenne*.



Dieses Beispiel zeigt Interfertilität zwischen zwei nahestehenden Arten. Die im Schulbiologiezentrum Hannover erhältlichen Kreuzungen (*Bryophyllum daigremontianum* x *Bryophyllum tubiflorum*) bzw. *Senecio herreanus* x *Senecio ficoides* (mit ihren unfruchtbaren F1-Hybriden) liefern einen guten Einstieg in dieses Thema.

Gattungsübergreifende Kreuzungen gibt es zwischen Weidelgräsern (*Lolium perenne*) und Schwingeln (*Festuca pratensis*): Der daraus resultierende Schwingelloch (*Festulolium loliaceum*), auch Schweidel genannt ist ein steriler Bastard, der im Habitus mal mehr, mal weniger dem einen oder dem anderen Elter ähnelt.

Da es bei der meiotischen Keimzellbildung oft zu einer fehlerhaften Aufteilung der (nicht homologen, also nicht zueinander passenden) Chromosomen kommt sind diese, aus solchen Paarungen hervorgehenden Hybriden meist – aber nicht immer! - unfruchtbar.

Die Verdoppelung und Vervielfachung der Chromosomen (Polyploidisierung) gehört bei vielen Grasarten zu den ganz natürlichen Vorgängen. So findet man innerhalb von Schwingel-Arten (*Festuca*) Pflanzen mit di- und tetraploiden Chromosomensätzen.

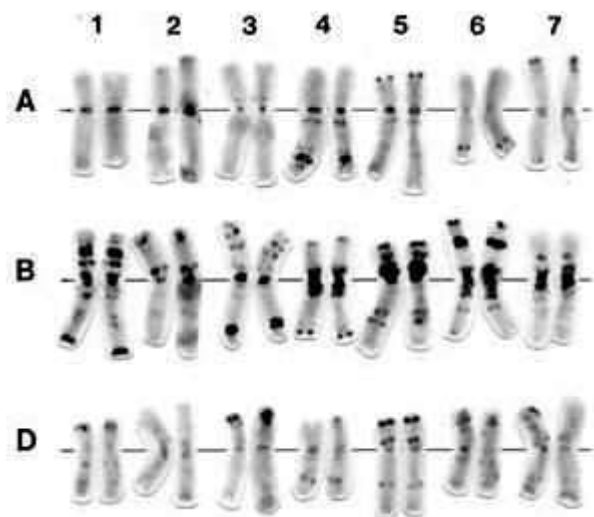
Polyploide Linien zeichnen sich in der Regel durch höhere Vitalität und Produktivität aus. Das mehrfache Vorhandensein von Chromosomen erhöht die Ablesegeschwindigkeit (Transkriptionsleistung) bei der Proteinsynthese. Enzyme können so wesentlich schneller und in höherer Konzentration auftreten.

Viele unserer Kulturpflanzen sind polyploid, z.B. der Raps und viele Erdbeeren (z.T. oktoploid!).

In der modernen Züchtungsforschung versucht man positive Eigenschaften von Futtergräsern (z.B. *Lolium*, *Festuca*, *Dactylis*) zu allo-polyploiden und fertilen Hybriden zu vereinen. Dabei entsteht, zumeist mit Hilfe des Meiosegifts Colchicin aus der Herbstzeitlosen (*Colchicum autumnale*) im Labor, was sich in der mehrtausendjährigen Geschichte des Weizens auf natürliche Weise abgespielt hat: Auch hier wurden die Genome dreier Arten miteinander zu einem hexaploiden hochproduktiven Bastard vereint.

Ein weiterer Aspekt der Polyploidisierung ist, dass sich Linien mit mehrfachem Chromosomensatz nur schwer erfolgreich miteinander verpaaren. Dadurch werden genetische Schranken aufgebaut. Das begünstigt die sympatrische, sich ohne Isolation innerhalb eines Lebensraumes vollziehende Artbildung. Die Vielzahl der Gräserarten wird hierin eine wesentliche Ursache haben.

Vom Wildgras zum Kultur-Weizen



Die Entwicklung vom Wildgras zum Kultur-Weizen war das Ergebnis des Aufeinandertreffens mindestens dreier Genome von drei verschiedenen Arten.

Die Genome werden heute als A, B und D bezeichnet.

Alle zur Gattung *Triticum* gehörenden Arten haben 7 Chromosomen. Das gilt auch für die Gattung *Aegilops* die heute von vielen Autoren der Gattung *Triticum* zugeschlagen wird.

Bild aus „Triticeae genome“
www.triticeaegenome.eu



Einkorn (das „Urkorn“)



Abb. oben:
Triticum baeoticum, Wild-Einkorn,
Granne mit Widerhäkchen

Foto: Ingo Mennerich

Abb. links:
Triticum baeoticum Boiss., Wild-Einkorn

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. links:
Triticum baeoticum, Wild-Einkorn, Spelzfrüchte

Foto: Ingo Mennerich



Abb. rechts:
Triticum baeoticum, mit den Fingern herausgelöstes Korn

Foto: Ingo Mennerich

Wild-Einkorn (*Triticum baeoticum* Boiss.) ist ein Wildgras aus der Gattung Weizen (*Triticum*). Der hohe, schlanke Halm trägt eine lange dünne Ähre an deren Spindel (Rhachis) zweizeilig alternierende Ährchen mit jeweils einer Blüte stehen. Die Ährchen tragen jeweils ein Korn, daher der Name Einkorn. Wild-Einkorn ist heute noch auf dem Balkan anzutreffen.



Die Ährchen der im Irak und Iran vorkommende Wild-Einkornunterart *T. baeticum* ssp *thoudar* tragen zwei Körner und zeigen, dass es bei Wildarten eine große genetische Variabilität gibt. Durch Auslese und Vermehrung von Pflanzen mit guten Eigenschaften gelang es Bauern im Fruchtbaren Halbmond in der Jungsteinzeit (Neolithikum) das Wildgras zu domestizieren. Einkorn wurde bereits 7000 Jahre v. Chr. im heutigen Irak angebaut.

Bestimmte, durch spontane Mutation entstandene „Gigas“-Formen des Wild-Einkorns wurden von frühen Bauern zum **Kultur-Einkorn** (*Triticum monococcum*) selektiert und trug mehr und größere Körner. Der Vergleich beider Arten zeigt den „Zugewinn“, ausgedrückt in der Größe der Ähren und der Früchte.



Abb. oben:
Triticum monococcum, Kultur-Einkorn,
 Granne mit Widerhäkchen

Foto: Ingo Mennerich

Abb. links:
Triticum monococcum, Kultur-Einkorn

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
 Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. links:

Triticum monococcum Boiss, Kultur-Einkorn,
Spelzfrüchte

Abb. rechts:

Triticum monococcum Boiss, mit den Fingern
herausgelöstes Korn

Fotos: Ingo Mennerich

Was man nicht sieht, wenn man die Tüte öffnet: Wild- und Kultur tragen in jeder Zelle, genau wie wir, einen doppelten Satz von zwei mal sieben Chromsomen ($2n = 14$) und ein, für die Entstehungsgeschichte des Weizens entscheidendes, ebenfalls doppeltes Gen mit der Bezeichnung "A".

Einige für die Menschen nachteilige Eigenschaften blieben erhalten. Die Ährenspindel (Rhachis) des Einkorns zerfällt bei der Reife in kurze Stücke mit jeweils einem Ährchen ("Fesen") was die Ernte sehr erschwert. Darüber hinaus ist das Korn bei *T. baeoticum* und *T. monococcum* mit der Deck- und Vorspelze verwachsen (Spelzgetreide). Das Korn fällt daher nicht, wie beim Kultur-Weizen üblich, aus den Spelzen heraus. Da die Deckspelze auch die mit Widerhäkchen besetzte Granne trägt wäre das Essen "von der Hand in den Mund" sehr unangenehm gewesen. Die "Spreu vom Weizen" zu trennen gelang nicht durch Dreschen, sondern allein durch mühsames Mahlen ("Rollern").

Das heute auch in Deutschland angebaute "Urgetreide" Einkorn hat geringe Bodenansprüche. Sein Ertrag von 12 bis 21 Dezitonnen (dt) pro Hektar und Bestandsdichten von 600 (dünnen!) Ähren pro Quadratmeter lässt sich durch Düngung kaum steigern, was Einkorn ideal für den Biolandbau macht. Die Brüchigkeit der Ährenspindel macht aber es notwendig, ihn sehr vorsichtig zu ernten und den richtigen Erntezeitpunkt genau abzuspassen.

Der Weg zum Nacktgetreide war zur Zeit des Einkorns noch sehr lang...



Einkorn

Bild: Wikipedia

Links: Nicht entspelzte Körner

Rechts: Entspelzte Körner

Einkorn (*Triticum monococcum*) und das „Ziegenras“ *Aegilops speltoides*

Der seit etwa 15000 v. Chr. im Nahen Osten nachgewiesene Wild-Emmer gilt als das - nicht unumstrittene - Ergebnis der Kreuzung des domestizierten Einkorns (*Triticum monococcum*) und eines Grases aus einer ganz anderen Gattung, dem sowohl „Ziegenras“ (engl. goat-grass) als auch „Gänsefußgras“ oder „Dinkelähnlicher Walch“ genannten *Aegilops speltoides*. Einkorn, wildes wie domestiziertes, und *Aegilops* sind heute noch im östlichen Mittelmeerraum und Vorderasien beheimatet. Die Gattung *Aegilops* wird im deutschen Sprachraum als „Walch“ (ZANDER) bezeichnet und kommt z.B. in Baden-Württemberg als eingewandertes Gras (Neophyt) vor.



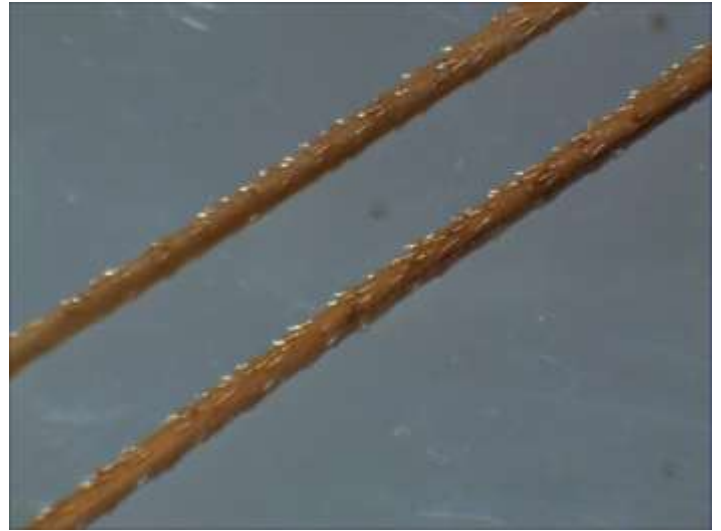
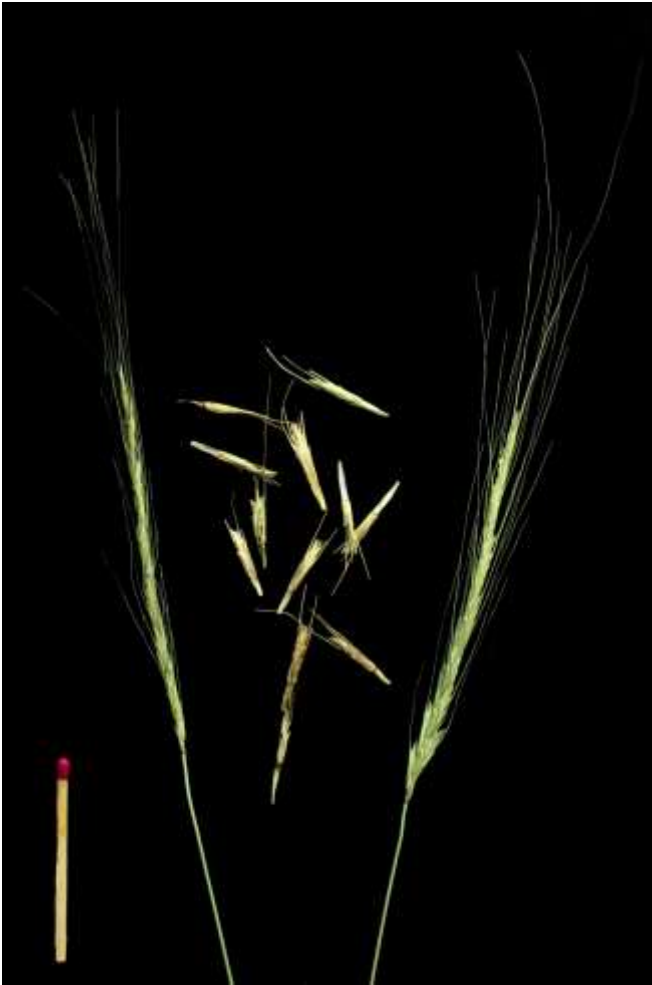


Abb. oben:
Aegilops speltoides, Grannenpaar mit
Widerhäkchen

Foto: Ingo Mennerich

Abb. links:
Aegilops speltoides (*Triticum searsii*)
Ziegen- / Gänsefußgras oder Dinkelähnlicher
Walch

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. links:
Aegilops speltoides

Foto: Ingo Mennerich



Abb. rechts:
Aegilops speltoides,
mit den Fingern herausgelöstes Korn

Foto: Ingo Mennerich

Beide, *Triticum monococcum* und *Aegilops speltoides* besitzen einblütige Ährchen, die sich zweizeilig um eine mehr oder weniger brüchige Ährenspindel reihen, tragen Grannen und zeichnen sich durch festen Spelzenschluss aus.



Auch *A. speltoides* ist diploid, trägt also wie *T. monococcum* in jeder Zelle zwei Sätze aus sieben Chromosomen. Sie tragen das Gen "B", das im Einkorn nicht vorkommt. Beide haben 14 Chromosomen, AA ($2n = 14$) und BB ($2n = 14$). Zufällig (?) oder durch menschliche Manipulation finden sie zueinander und das Ergebnis ist ein unfruchtbarer Bastard mit dem Genom AB ($2n = 14$). Dies bestätigt die Lehrmeinung, dass zwei Arten keine fertilen Nachkommen erzeugen können. Durch anschließende spontane Verdoppelung des Chromosomensatzes zum tetraploiden Genom AABB ($2n = 28$) entstand ein genetisch verändertes tetraploides und fruchtbareres Gras mit $2n = 28$ Chromosomen, der Wild-Emmer.

Spontane oder durch genetische Manipulation hervorgerufene Verdoppelungen der Chromosomenzahl bezeichnet die Genetik als "Polyploidie". Dies wird im Schema mit "P!" zum Ausdruck gebracht. Auf diese spontane Weise führte Kombination der Genome AA und BB zu einer neuen Pflanze die bessere Eigenschaften zeigte und die man vermehren konnte.

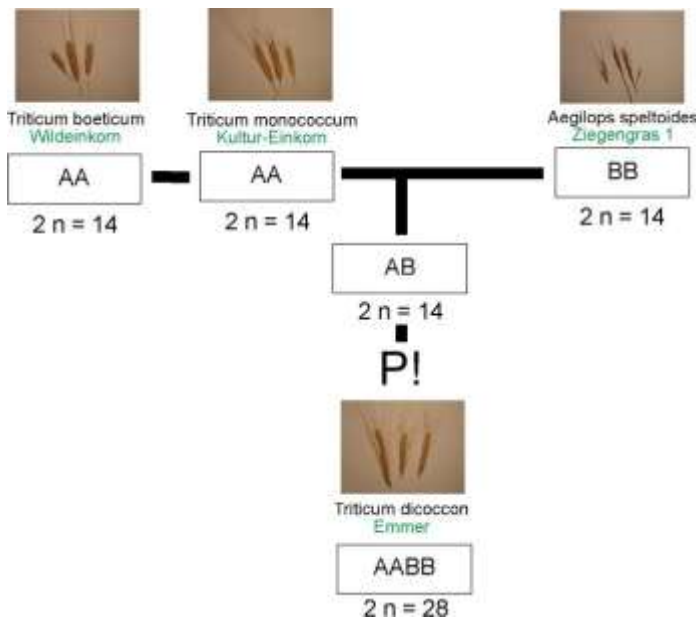


Abb. links:

Vom Einkorn zum Emmer

Das Genom A stammt von der Einkorn-Reihe

Das Genom B stammt vom Wildgras *Aegilops speltoides*

Beide Genome vereinigen sich zum Genom AB des Emmers

Fotos und Grafik:
Ingo Mennerich

Dieses Schema wird heute von einigen Theoretikern bestritten, die dem Einkorn eine eigene Linie zusprechen und ihn aus der direkten Verwandtschaft mit dem Emmer herauslösen wollen. Ob dies eine Idealisierung des Einkorns als dem Weizen gegenüber wertvolleres, eigenständiges Urgetreide widerspiegelt? Der Vergleich detaillierter genetischer Fingerabdrücke aller Weizenarten wird in jedem Fall zu gesicherteren Erkenntnissen über die tatsächlichen Verwandtschaftsverhältnisse führen. Sie kann möglicherweise auch die hier vorgestellte Abstammungslinie wertlos machen. Das aber macht Wissenschaft aus!

Emmer

Wie beim Einkorn gibt es auch beim Emmer eine Wild- und eine Kulturform. Ob die Vermischung des A und B-Genoms zum Wild-Emmer *Triticum dicoccoides* oder zum Kultur-Emmer *T. diccocon* führte lässt sich angesichts der Vielzahl vorhandener Lehrmeinungen aus unserer Perspektive nicht klären. Verwirrend ist auch die systematische Zuordnung der Triticum- und Aegilops-Arten. Letztere werden oft, aber nicht überall der Gattung Triticum zugeschlagen.

Im Anhang finden Sie eine Übersicht über "alte" und "moderne" Bezeichnungen bzw. Synonyme.





Abb. oben links:
Triticum dicoccoides
 Wild-Emmer

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
 Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. oben rechts:
Triticum dicoccoides var. *araraticum*
 Wild-Emmer

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
 Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp

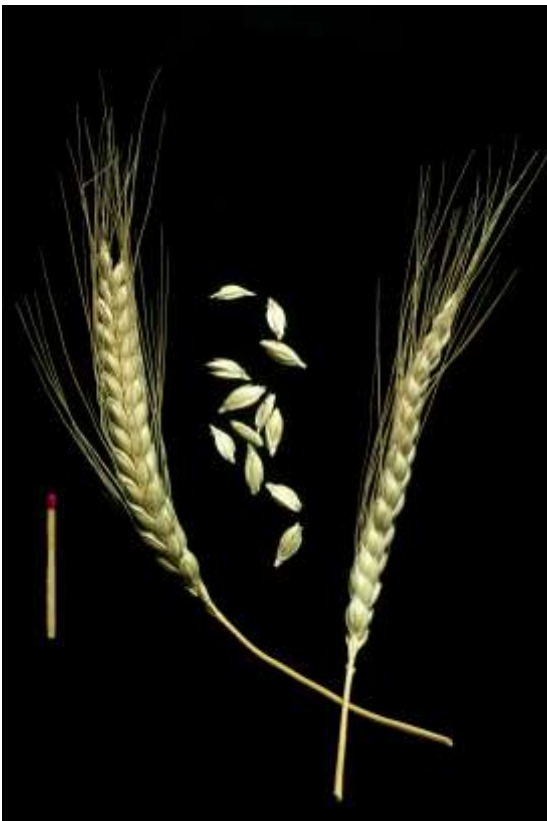


Abb. oben:
Triticum dicoccon,
 7 cm lange Granne mit Widerhäkchen

Foto: Ingo Mennerich

Abb. links:
Triticum dicoccon (*Triticum dicoccon*)
 Kultur-Emmer

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
 Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. links:

Triticum dicoccon,
Ährchen (Fehse) mit kurzer und langer Granne

Foto: Ingo Mennerich



Abb. rechts:

Triticum dicoccon,
zwei mit den Fingern herausgelöste Körner

Foto: Ingo Mennerich

Der Emmer (*Triticum dicoccon* oder *T. dicoccon*) ist ein "Zweikorn". Er trägt zwei Blüten in jedem Ährchen: Die Kornzahl pro Ähre und damit der Ertrag sind also gestiegen.

Aber seine Körner sind, wie beim Einkorn und beim Ziegengras (oder Walch) fest von begrannnten Spelzen umschlossen. Der Emmer hat, wie seine Vorgänger lange, dünne Halme mit geringer Standfestigkeit. Dafür ist sein Nährstoffbedarf gering und er wächst auch auf mageren, trockenen Böden.

Der heute vor allem in der Biologischen Landwirtschaft angebaute Emmer bringt es in Deutschland auf 19 - 35 Dezitonnen (dt) pro Hektar - die sich auch durch Düngung kaum steigern lassen - und liegt damit deutlich unter den Erwartungen beim Kultur-Weizen (80 dt/ha). Er ist aber wenig anfällig gegenüber Pilzerkrankungen. Emmer bestockt sich nicht gut schließt seine Reihen infolgedessen erst spät, was erhöhte Unkrautbekämpfung erfordert. Im Bio-Landbau heißt das Handarbeit. Auch der Erntezeitpunkt muss genau abgepasst werden, weil sich unreifer Emmer schlecht von der Ährenspindel löst.

In guten Jahren kommt man auf etwa 400 Ähren pro Quadratmeter.

Die tetraploide Verwandtschaft aus der Emmer-Reihe

Aus dem Emmer (*Triticum dicoccon*) mit festem Spelzenschluss sind ebenfalls tetraploide, aber nacktkörnige (freidreschende) Weizenarten hervorgegangen. Bei ihnen löst sich das reife Korn leicht aus der Spelzenumhüllung. Die Ähre selbst wird durch die nicht brüchige Rhachis zusammengehalten. Zu den aus dem Emmer hervorgegangenen Arten mit vierfachem Chromosomensatz gehört der Hart-Weizen (*Triticum durum*). Die auch Durum-Weizen genannte Art ist die einzige, im größeren Maße angebaute tetraploide *Triticum*-Art (10 % der Welt-Weizenproduktion) und zeigt in kontinentalem Klima mit kurzen heißen Sommern und auf guten Böden (Schwarzerden) beste Ergebnisse. Hartweizen wird im gesamten mediterranen Raum, in Zentralasien und in den USA (Wheat Belt) angebaut und liefert aufgrund seines hohen Kleberanteils (Proteins) die Basis für den Pastateig, aber auch für den im arabischen Raum verbreiteten Couscous und Bulgur.





Abb. links:
Triticum durum, Hart-Weizen

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp

Andere tetraploide Arten sind der nacktkörnige Rauh-Weizen (*T. turgidum*), *T. polonicum*, *T. orientale*, *T. carthlicum* (Persischer Weizen) und der in Vorderasien angebaute *T. turanicum*. Aus *Triticum durum* und *Triticum polonicum* soll der neuerdings in Bioläden und Reformhäusern vertriebene großkörnige Kamut hervorgegangen sein um den sich eine Reihe Legenden ranken. So soll ein US-amerikanischer Luftwaffenoffizier 1948 in einem Pharaonengrab einige Samen gefunden haben. Diese wurden in Montana angepflanzt und mit dem (neuen) Namen „Kamut®“ (arabisch: „Seele der Erde“) in den Handel gebracht.

Tritisecale: Zwei Arten und ein fruchtbar gemachter Bastard

Triticum durum bildet die Grundlage der Kreuzung Tritisecale, auch Triticale genannt. Dieses relativ junge Getreide ist ein züchterisches Kreuzungsprodukt aus Hart-Weizen (mit dem Genom AABB) und Roggen (RR).

Grundlage waren Beobachtungen in Schottland des 19. Jahrhunderts, dass Weizen mit Roggen unfruchtbare Hybriden bildeten..

In den 30er Jahren kreuzte man Weizen und Roggen gezielt. Auch hier war der Bastard zunächst steril. Der Chromosomensatz konnte aber durch Colchicinbehandlung verdoppelt werden. Diese so genannten Primär-Triticales wurden miteinander zu den heute gebräuchlichen Sekundär-Triticales verpaart.

Tritisecale vereint die Anspruchslosigkeit des Roggens mit dem hohen Ertrag und der besseren Backfähigkeit des Weizens.

Auf guten Böden ist Tritisecale dem Weizen unterlegen, kann aber auf ungünstigeren Standorten angebaut werden als Weizen und liefert gute Erträge (max. 100 dt/ha, in Deutschland durchschnittlich 50 dt/ha).





Abb. oben:
Triticale, 7 cm lange Granne mit Widerhäkchen

Foto: Ingo Mennerich

Abb. links:
Triticale

Foto: Ingo Mennerich



Abb. links:
Triticale, Ährchen mit Grannen

Foto: Ingo Mennerich



Abb. rechts:
Triticale, herausgefallenes Korn

Foto: Ingo Mennerich

Emmer und das "Ziegen gras" *Aegilops triuncialis* (Langgranniger Walch)

Beide, Wild- oder Kultur-Emmer, tragen die Genome A und B. Vor etwa 9000 Jahren kam es, wahrscheinlich westlich des Kaspischen Meeres zur zufälligen (?) Kreuzung des Emmers mit einem weiteren Gänsefuß- oder Ziegen gras ("Barbed Goat grass"), *Aegilops triuncialis* (oder *A. squarrosa*). Heute wird *Aegilops triuncialis* auch oft als *Triticum tauschii* bezeichnet. Im Deutschen wird es als Langgranniger Walch bezeichnet.

Die damit einhergehende Einkreuzung des in *Aegilops* enthaltenen Genoms D schuf die Grundlage unserer heutigen Kultur-Weizensorten (ABD).

Wie beim Zusammentreffen der Genome A und B entstanden aber zunächst unfruchtbare Nachkommen.



Abb. links:

Aegilops triuncialis syn. *Squarrosa*
(syn. *Triticum tauschii*)
Gänsefuß- oder Ziegen gras ("Barbed Goat Grass", Langgranniger Walch)

Mit freundlicher Genehmigung:
ETH Zürich, Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. links:



Abb. rechts:

Aegilops triuncialis syn. *squarrosa*
Ährchen (Fehse) mit kurzen Grannen

Fotos: Ingo Mennerich

Aegilops triuncialis syn. *squarrosa*
Mit den Fingern herausgelöstes Korn

Vom Emmer zum Weizen

Der Bastard mit dem Genom ABD war steril. Erst die ebenfalls spontane Verdoppelung (Polyploidisierung) führte zur Fertilität und zu den hexaploiden so genannten Weichweizen mit AABBDD die in mehrere Arten und Unterarten aufspaltet.

Dazu zählt der Dinkel (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) und *Triticum aestivum* ssp. *macha* sowie der Saat-Weizen (*Triticum aestivum* *vulgare*) nebst Zwerg-Weizen (*T. aestivum* ssp. *compactum*) und dem Indischen Zwerg-Weizen (*T. aestivum* ssp. *sphaerococcum*).

Der Dinkel ist ein Spelzgetreide und muss nach der Ernte aufwändig geschält werden, der eigentliche Kultur-Weizen, als Winter- oder Sommerweizen angebaut, ist freidreschend, also ein Nacktgetreide.



Abb. links:
Triticum durum, Hart-Weizen

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. rechts:
Triticum aestivum, Kultur-Weizen

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp





Abb. links:

Triticum aestivum var. *vulgare*,
grannenlose Ährchen

Foto: Ingo Mennerich



Abb. rechts:

Triticum aestivum var. *vulgare*,
von Spelzen umhülltes Korn

Foto: Ingo Mennerich



Abb. oben:

Triticum aestivum var. *vulgare*,
aus den Spelzen herausgefallenes (freidreschendes)
Korn

Foto: Ingo Mennerich



Abb. links:
Triticum aestivum ssp. spelta, Dinkel

Mit freundlicher Genehmigung: ETH Zürich,
Autoren Ernst Merz und Susanne Stamp



Abb. links:
Triticum aestivum ssp. spelta,
Ährchen (Fehse)

Foto: Ingo Mennerich



Abb. rechts:
Triticum aestivum ssp. spelta,
aus der Fehse herauspräparierte Körner

Foto: Ingo Mennerich

Zuchtziele: Weizen in der Zukunft

Heute leben mehr als 7 Milliarden Menschen auf der Erde, bald werden es 8, 9, 10 und mehr Milliarden sein. Weizen gehört zu den Hauptnahrungsmitteln in den gemäßigten Breiten.

Guter Boden, ohnehin ein knappes Gut und weltweit durch Übernutzung und Abtrag gefährdet, ist praktisch nicht vermehrbar.

Ein Weg, kommenden Nahrungskrisen zu begegnen ist, Nutzpflanzen noch ertragreicher und weniger krankheitsanfällig zu machen. Beim Weizen lassen sich u. a. folgende Ziele definieren, die teils durch Züchtung, teils durch gentechnische Veränderungen in Angriff genommen werden:

- Hoher Kornertrag
- Erhöhte Resistenz gegen Pilzinfektionen (z.B. Gelbrost und Mehltau)
- Erhöhte Resistenz gegen Trockenheit
- Erhöhte Winterfestigkeit
- Erhöhte Hitzeresistenz
- Erhöhte Standfestigkeit (Kurzstrohigkeit gegen Halmbruch)
- Verringerung des Auswuchses (vorzeitige Keimung)
- Verbesserung der Fallzahl (Maß der Konsistenz eines Mehl-Wasser-Kleisters)
- Bessere Stickstoffausnutzung: N₂-Fixierung aus der Luft (ähnlich Leguminosen)
- Erhöhter Protein-, d.h. Kleberanteil(Glutenin, Gliadin: verbesserte Backfähigkeit)
- Resistenz gegen Herbizide (Einkreuzen von Resistenzgenen)
- Unfruchtbare Pollen (Züchtung von Hybridweizen, keine „wilden“ Kreuzungen)
- Unfruchtbare Nachkommen (Interesse der Saatgut-Entwickler)

Brot (oder Brötchen) selbst anbauen?

Weizen lässt sich im Schulgarten anbauen. Allerdings vergehen zwischen Einsaat im Herbst und Ernte im Sommer rund neun Monate, in denen man sich um die Pflanzen kümmern muss. Das



verlangt einen langen Atem. In der heutigen, von Bildungsstandards, curricularen Vorgaben geglätteten Bildungswelt Schule ist das kaum noch möglich. Sommerweizen ist mit gut 4 Monaten „stundenplanfreundlicher“, liefert aber geringere Erträge.

Weizen braucht einen nährstoffreicheren, lehmigeren Boden und ein milderes, trockeneres Klima als z.B. der Roggen, der auch auf sandigeren Böden gedeiht.

Als Schulprojekt empfehlenswert, z.B. in einem Wahlpflichtkurs „Ernährung“, ist ein „Brot-“ oder „Brötchen-Acker“: Schaffen wir es, das Getreide für ein 1000 g schweres Brot selbst herzustellen? Wie viel Fläche, wie viele Weizenpflanzen und wie viel Saatgut ist dazu

notwendig?

Äpfel, Birnen und Kirschen brauchen Bienen zur Bestäubung, Weizen ist ein Süßgras und Süßgräser werden vom Wind bestäubt. Wie groß ist die Chance, dass unser Weizen auf einem kleinen Beet bestäubt wird? Sehr groß, denn Weizen ist ein Selbstbestäuber, d.h. fremde Pollen haben praktisch keine Chance die Eizelle zu befruchten.. Daher ist auch die Chance der Auskreuzung mit anderen Weizensorten sehr gering. Letzteres ist auch wichtig bei der Frage, ob eventuell benachbarter, genetisch veränderter Weizen sich mit unserem selbst angebauten Bio-Weizen vermischen könnte. Ein 1 Kilo-Weizenbrot enthält 500 – 600 g Mehl. Der Weizenertrag im Biolandbau liegt bei 40 dt/ha. 40 Dezitonnen sind 4000 kg. Was heißt: 4000 kg Weizen auf 10000 m² oder 400 g pro Quadratmeter.



An diesem Wert sollte sich das Ertragsziel des Projekts orientieren, auch wenn die Produktivität im konventionellen Landbau erheblich höher liegt. Aber: Im Schulgarten werden wir auch den Ertrag des Biolandbaues kaum erreichen...

Welche Fläche für das Brot notwendig ist hängt davon ab, welche Anforderungen die Schüler an das Mehl stellen. Bei Vollkornmehl kann der Ausmahlungsgrad fast 100% betragen, bei weißem Mehl der Type 405 nur 50 – 60 %. Dazwischen liegen die Typen 505 mit 75% und 1050 mit 83% Ausmahlungsgrad.

Für 600 g Vollkornmehl wären demnach 1,5 m², für die gleiche Menge der Type 405 fast 3 m² erforderlich! Das sind Quadrate mit 1,22 bzw. 1,73 m Seitenlänge.

Diese Zahlen mögen auf ein Grundproblem der Menschheit lenken: Wie viel Fläche brauchen wir eigentlich, um zu leben?

Vielleicht sollte man sich auf ein (oder mehrere) Brötchen beschränken? Brötchen wiegen nur 50 Gramm...

Als Kulturempfehlung in der ökologischen Landwirtschaft gilt: In den gut aufgelockerten, nicht zu feinen und mit Kompost gedüngten Boden werden bei Winterweizen 350 bis 450 Körner, bei Sommerweizen 400 – 500 Körner pro Quadratmeter ausgesät. Ein Quadratmeter mit Seitenlängen von 100 x 100 cm hat 10000 cm². Getreidesamen kann man breitwürfig, aber gleichmäßig (!) über die Fläche verstreuen. 500 Körner (Sommerweizen) sollen auf einen Quadratmeter verteilt werden. Welchen Abstand sollten die Körner dann haben?

Legt man ein quadratisches Raster zugrunde, kann man das Problem (mathematisch) so lösen: Die Quadratwurzel aus 500 ist rund 22,4. Verteilt man 22 Körner gleichmäßig auf eine Länge von 100 cm sollten sie etwa 4,5 cm voneinander entfernt liegen.

Bei Winterweizen mit 400 Körnern / m² beträgt der Abstand 5 cm.

Und wer das Saatgut nicht auszählen möchte: Bei einer Tausendkornmasse (TKM) - auch Tausendkorngewicht (TKG) genannt - von 40 – 65 g sind 500 Körner zwischen 20 und 32,5 g schwer. Andere Werte lassen sich mit dem Dreisatz berechnen.

Bei Rillensaat sollte der Reihenabstand bei 20 - 25 cm liegen, damit man die Zwischenräume später mit der Hacke bearbeiten kann.

In jedem Fall sollte das Saatgut mit der Walze oder den Füßen leicht in die Erde gedrückt werden, so dass die Samen zwischen 3 und 5 cm tief in der Erde liegen. Durch das Andrücken hat der Samen besseren Bodenkontakt, quillt und keimt verlässlicher.

Saatgut erhält man z.B. bei Raiffeisen-Genossenschaften, allerdings nur in großen Gebinden. Für Schulgärten können Sie die Samen auch im Schulbiologiezentrum beziehen. Bei Verwendung von Getreidesamen zum Selbstmahlen sollte man bedenken, dass sie möglicherweise nicht keimfähig sind und wenn, dann keine Früchte ansetzen. Viele Getreidesorten haben eine, von der Saatgutindustrie gewollte, unfruchtbare Nachkommenschaft. Im Zweifelsfalle hilft es, bei zum Beispiel auf Wochenmärkten vertretenen Landwirten nach einer Tüte Saatgut zu fragen. Saatgut muss in Deutschland übrigens vom Bundessortenamt in Hannover zugelassen sein. 2009 waren 111 Winter- und 23 Sommer-Weichweizensorten zertifiziert. Die beschreibenden Sortenlisten können im Internet unter www.bundessortenamt.de abgefragt werden.

Bei der Auswahl des Saatguts stellt sich die Frage: Welche Sorte (auf Winter- und Sommersorten achten)? Und nimmt man gegen Pilzinfektionen gebeizte oder unbehandelte Saat?

Winterweizen wird im Herbst (Ende September bis Ende Oktober) ausgesät, Sommerweizen von Januar bis Ende März. Winterweizen bestockt sich im Winter, daher braucht man auch weniger Saatgut. Winterweizen keimt noch bei 2°C, man kann ihn noch bis in den Dezember hinein aussäen. Die kleinen, einen schütterten Rasen bildenden Pflänzchen sind bis -20°C frosthart.

Was die Düngeransprüche angeht, kann man die Empfehlungen der Landwirtschaftskammern und die des Biolandbaus auf einen Quadratmeter herunterrechnen. 50 kg Stickstoffgabe pro Hektar im April entspricht 5 g / m². Für Phosphat und Kalium gelten je 3 g / m², für Magnesium 1 g / m².

Wichtig ist es, die Saat vor Vögeln zu schützen, Unkraut zu beseitigen (Hacke) und den richtigen Erntezeitpunkt abzusichern: Die Weizenkörner dürfen sich dann nicht mehr mit dem Fingernagel eindrücken lassen.



Ernten sollte man, um Verluste zu vermeiden, am besten mit der Schere. Zum Dreschen werden die abgeschnittenen Halme mit den Ähren zuerst in einen Beutel gesteckt und der Beutel mehrmals hart gegen eine Wand geschlagen. Dann kann man, einen windigen Tag vorausgesetzt, die Spreu vom Weizen trennen: Zuerst werden die Halme aus dem Beutel gezogen, dann die gedroschenen Ähren auf ein großes Tuch gegeben. Das Tuch wird von mindestens zwei Schülern an den Ecken festgehalten der Inhalt und auf „Los!“ in die Höhe geschleudert. Die leichten Spelzen werden vom Wind davongetragen, der schwerere Weizen fällt zurück ins Tuch.

Zuchtziel "mehrjähriger Weizen":

Weizen muss seit tausenden von Jahren nach der Ernte neu ausgesät werden, denn er ist ein einjähriges Getreide. Das heißt: Jedes Jahr muss der Acker neu gepflügt und bestellt werden, Nährsalze, Insektizide und Fungizide hinzugefügt werden.

Einen Fußballrasen muss man nicht jedes Jahr erneuern. Die dafür verwendeten Gräser sind wie Stauden mehrjährig.

Was wäre wenn man das Gen "Mehrjährigkeit" in das Genom des einjährigen Weizens einkreuzen könnte? Dann würde man, wie bei der Wiesenmahd, Halme und Ähren schneiden, die Blätter würden nach der Mahd rasenartig stehen bleiben, sich weiter bestocken, immer tiefere und ausgreifendere Wurzeln bilden und damit sonst unerreichbare Nährsalzvorräte nutzen können.

Die Notwendigkeit, den Boden im Frühjahr durch Pflügen zu wenden (oder besser durch Grubbern aufzulockern) würde sich erübrigen, denn die Pflanzen würden so viel Wurzelwerk bilden, dass der Boden von selbst locker bliebe...

Das würde bei nackten Böden den Abtrag von wertvollem Humus erheblich vermindern und damit auch zukünftigen Generationen die zum Stillen des Hungers notwendige Ackerkrume erhalten
Das würde auch den Einsatz z.B. beim Pflügen, Säen notwendiger und energieverbrauchender Maschinen erheblich reduzieren.

Eine Zukunftsvision?

Es gibt Forschungsansätze in diese Richtung. Ob sie durch Züchtung oder grüne Gentechnik zu erreichen sind, werden zukünftige Generationen erleben.

Wir können nur die Weichen stellen...



Anhang

Gräser

10 Gräser auf der Wiese

Gräserblüte (Modell aus Papier)

10 Wiesengräser im Schulbiologiezentrum

Ährchen des Glatthaifers

Arbeitsblatt Grasblüte

Getreide











Getreidearten im Schulbiologiezentrum

Entstehung des Kulturweizens (zum Einkleben der Bilder)

A, B und D-Genome des hexaploiden Weizens (Karyogramm)

Sichtbare Merkmale

10 Gräser auf der Wiese

				
<p>Straußgras</p>	<p>Fuchsschwanz</p>	<p>Glatthafer</p>	<p>Trespe</p>	<p>Knäuelgras</p>
				
<p>Rasen-Schmiele</p>	<p>Honiggras</p>	<p>Schwingel</p>	<p>Raygras</p>	<p>Rispengras</p>

Zeichnungen aus:

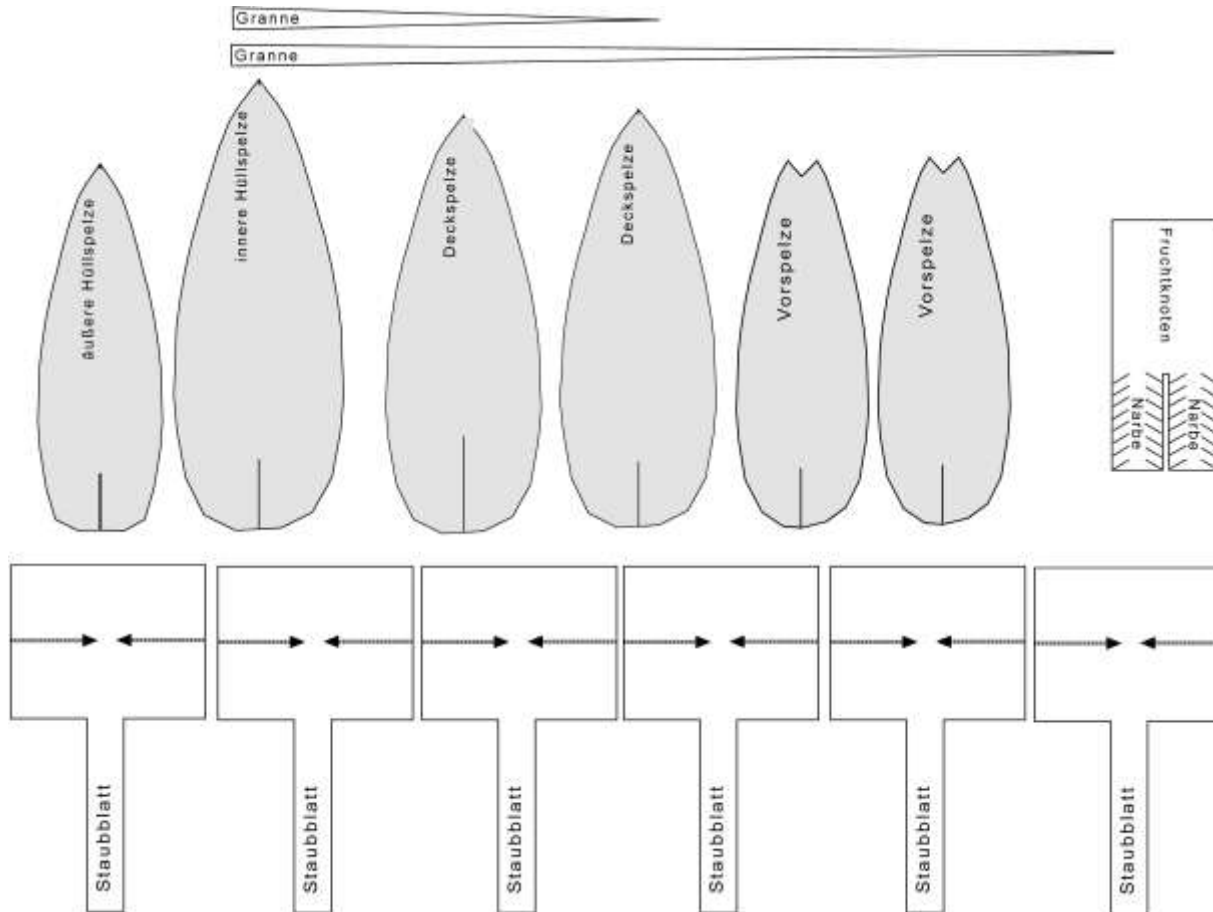
*) Geo H. Clark, Fodder and Pasture Plants, Canadian Ministry of Agriculture, Ottawa 1913

**) Kurt Stüber, BIOLIB)

Gräserblüte (Modell)

Beispiel Glatthafer (*Arrhenatherum*):

- Rispengras mit 2-blütigen Ährchen,
- Ährchen teilweise von äußerer (kurzer) und innerer (langer) Hüllspelze eingeschlossen
- untere (männliche) Blüte mit Deckspelze (mit langer, geknieter Granne), Vorspelze und 3 Staubblättern
- obere (zwitterige) Blüte mit Deckspelze (mit kurze Granne), Vorspelze, Fruchtknoten mit zwei Narben und 3 Staubblättern







10 Wiesengräser im Schulbiologiezentrum Hannover

(Zeichnungen aus: Geo H. Clark, Fodder and Pasture Plants, Canadian Ministry of Agriculture, Ottawa 1913 und Kurt Stüber, BIOLIB)

Schau die Gräser genau an: Benutze dabei die Lupe!

Kreuze an:

- Ist der Blütenstand eine **Rispe** oder eine **Ähre**?
Zwischenformen: Scheinähre, Traube
- Im Falle einer Rispe: Wie viele Abästungen (Verzweigungen) gibt es auf der untersten Stufe der Rispe?
- Aus wie vielen **Blüten** setzen sich die **Ährchen** zusammen?
(Zähle dazu die **Deckspelzen**! Denke bitte daran, dass die Ährchen zwei Hüllspelzen besitzen!)
- Haben die Deckspelzen **Grannen** oder nicht?

 <p>*</p>	<p>Rispe/Traube <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	 <p>*</p>	<p>Rispe/Traube <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<p>Straußgras (<i>Agrostis spec</i>)</p>		<p>Fuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i>)</p>	
 <p>*</p>	<p>Rispe/Traube <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	 <p>**</p>	<p>Rispe/Traube <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<p>Glatthafer (<i>Arrhenatherum elatior</i>)</p>		<p>Trespe (<i>Bromus arvensis</i>, <i>Bromus sterilis</i>)</p>	



*

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen
 unterste Stufe 1 2
 3 4
 5(+)

Blüten je
 Ährchen 1 2
 3 4
 5 6
 >6

Grannen ja
 nein



*

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen
 unterste Stufe 1 2
 3 4
 5(+)

Blüten je
 Ährchen 1 2
 3 4
 5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Knäuelgras (*Dactylis glomerata*)

Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*)



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen
 unterste Stufe 1 2
 3 4
 5(+)

Blüten je
 Ährchen 1 2
 3 4
 5 6
 >6

Grannen ja
 nein



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen
 unterste Stufe 1 2
 3 4
 5(+)

Blüten je
 Ährchen 1 2
 3 4
 5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Honiggras (*Holcus lanatus*)

Schwingel (*Festuca rubra* / *Festuca pratense*)
 Rotschwingel = Grannen / Wiesenschwingel = keine Grannen)



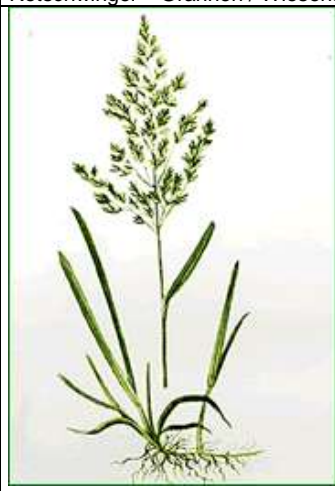
**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen
 unterste Stufe 1 2
 3 4
 5(+)

Blüten je
 Ährchen 1 2
 3 4
 5 6
 >6

Grannen ja
 nein



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen
 unterste Stufe 1 2
 3 4
 5(+)

Blüten je
 Ährchen 1 2
 3 4
 5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Ray-/Weidelgras (*Lolium perenne*)

Rispengras (*Poa pratensis*)





10 Wiesengräser im Schulbiologiezentrum Hannover (LÖSUNG)

(Zeichnungen aus: Geo H. Clark, Fodder and Pasture Plants, Canadian Ministry of Agriculture, Ottawa 1913* und Kurt Stüber, BIOLIB**)

Schau die Gräser genau an: Benutze dabei die Lupe!

Kreuze an:

- Ist der Blütenstand eine **Rispe** oder eine **Ähre**?
Zwischenformen: Scheinähre, Traube
- Im Falle einer Rispe: Wie viele Abästungen (Verzweigungen) gibt es auf der untersten Stufe der Rispe?
- Aus wie vielen **Blüten** setzen sich die **Ährchen** zusammen?
(Zähle dazu die **Deckspelzen**! Denke bitte daran, dass die Ährchen zwei Hüllspelzen besitzen!)
- Haben die Deckspelzen **Grannen** oder nicht?

 <p>*</p>	<p>Rispe/Traube <input checked="" type="checkbox"/> X Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein</p>	 <p>*</p>	<p>Rispe/Traube <input type="checkbox"/> Ähre/Scheinähre <input checked="" type="checkbox"/> X</p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<p>Straußgras (<i>Agrostis spec</i>)</p>		<p>Fuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i>)</p>	
 <p>*</p>	<p>Rispe/Traube <input checked="" type="checkbox"/> X Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	 <p>**</p>	<p>Rispe/Traube <input checked="" type="checkbox"/> X Ähre/Scheinähre <input type="checkbox"/></p> <p>(wenn Rispe:) Abästungen unterste Stufe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5(+)</p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> 6 <input checked="" type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<p>Glatthafer (<i>Arrhenatherum elatior</i>)</p>		<p>Trespe (<i>Bromus arvensis, Bromus sterilis</i>)</p>	



*

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen unterste Stufe 1 2
3 4
5(+)

Blüten je Ährchen 1 2
3 4
5 6
 >6

Grannen ja
 nein



*

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen unterste Stufe 1 2
3 4
5(+)

Blüten je Ährchen 1 2
3 4
5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Knäuelgras (*Dactylis glomerata*)



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen unterste Stufe 1 2
3 4
5(+)

Blüten je Ährchen 1 2
3 4
5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*)



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen unterste Stufe 1 2
3 4
5(+)

Blüten je Ährchen 1 2
3 4
5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Honiggras (*Holcus lanatus*)



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen unterste Stufe 1 2
3 4
5(+)

Blüten je Ährchen 1 2
3 4
5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Schwingel (*Festuca rubra* / *Festuca pratense*)

Rotschwingel = Grannen / Wiesenschwingel = keine Grannen)



**

Rispe/Traube
 Ähre/Scheinähre

(wenn Rispe:)
 Abästungen unterste Stufe 1 2
3 4
5(+)

Blüten je Ährchen 1 2
3 4
5 6
 >6

Grannen ja
 nein

Ray-/Weidelgras (*Lolium perenne*)

Rispengras (*Poa pratensis*)

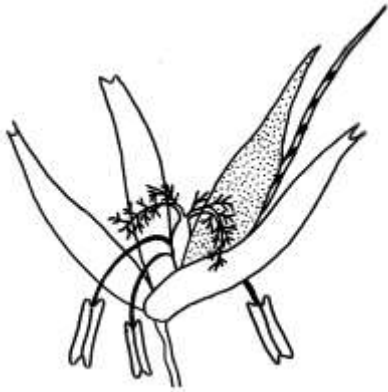
Ährchen des Glatthaifers (*Arrhenatherum elatior*)

Zweiblütiges Ährchen

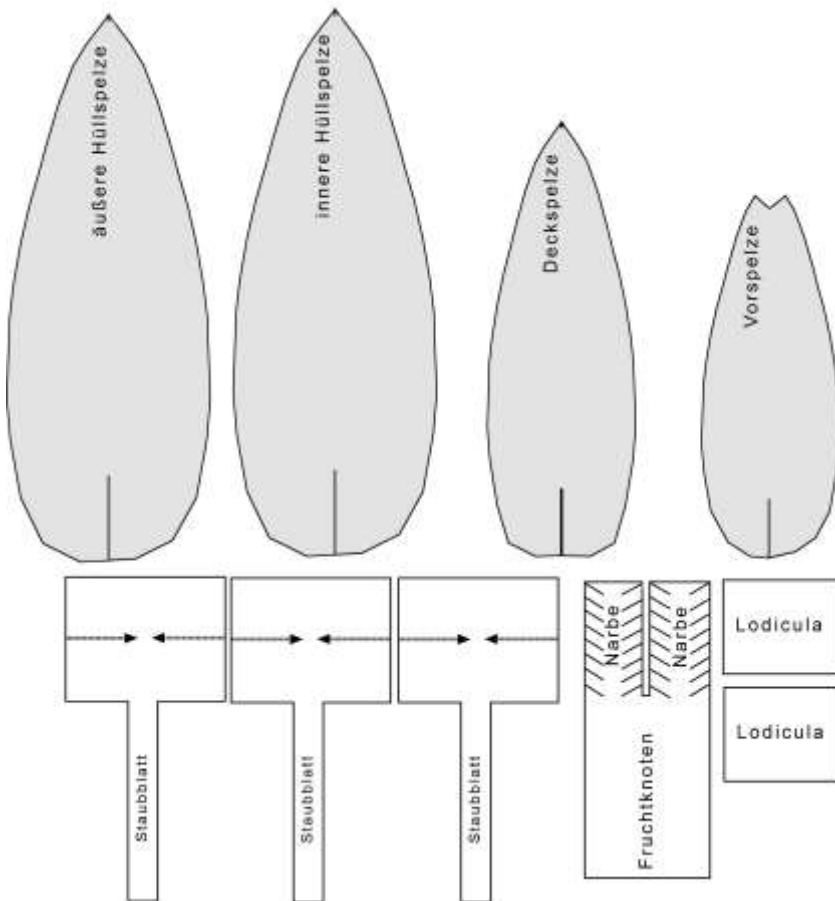


- 1 Fruchtknoten (verdeckt) mit federartigen Narben
- 2 Staubblätter der Zwitterblüte
- 3 Vorspelze der Zwitterblüte
- 4 Deckspelze der Zwitterblüte (mit kurzer Granne)
- 5 Staubblätter der männlichen Blüte
- 6 Vorspelze der männlichen Blüte
- 7 Deckspelze der männlichen Blüte (mit langer, geknieter Granne)
- 8 Innere Hüllspelze
- 9 Äußere Hüllspelze

Grasblüte: Modell aus Papier







Granne







1. Schneide alle Teile sauber aus.
2. Klebe den „Fruchtknoten“ zu einer Röhre zusammen. Lasse die „Narben“ frei.
3. Schneide die beiden „Narben“ so ein dass sie wie Federn aussehen.
4. Klebe die „Lodiculae“ (Schwellkörper) zu Röhren zusammen und drücke die Enden zusammen.
5. Rolle die „Staubblätter“ so auf, dass jeweils zwei Staubbeutel entstehen.
6. Falte die „Vorspelze“ am breiten Ende (Markierung) und forme sie zu einem Schiffchen.
7. Klebe die inneren Blütenteile in der folgenden Reihenfolge in die Vorspelze:
„Fruchtknoten/Narbe“, 2 „Lodiculae“, 3 Staubblätter. Die Staubblätter sollen aus der Blüte heraushängen.
8. Drücke den breiten Teil der „Vorspelze“ zusammen und verklebe ihn.
9. Forme die „Deckspelze“ genauso wie die „Vorspelze“. Klebe sie gegen die „Vorspelze“.
10. Forme die Hüllspelzen genau so wie die beiden anderen Spelzen und klebe sie gegen die „Deckspelze“.
11. Klebe die Granne unter die „Deckspelze“.

Getreidearten im Schulbiologiezentrum Hannover

	<p>Rispe <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre <input type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>		<p>Rispe <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre <input type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<h2>Hafer</h2>		<h2>Gerste</h2>	
	<p>Rispe <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre <input type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>		<p>Rispe <input type="checkbox"/></p> <p>Ähre <input type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<h2>Roggen</h2>		<h2>Weizen</h2>	

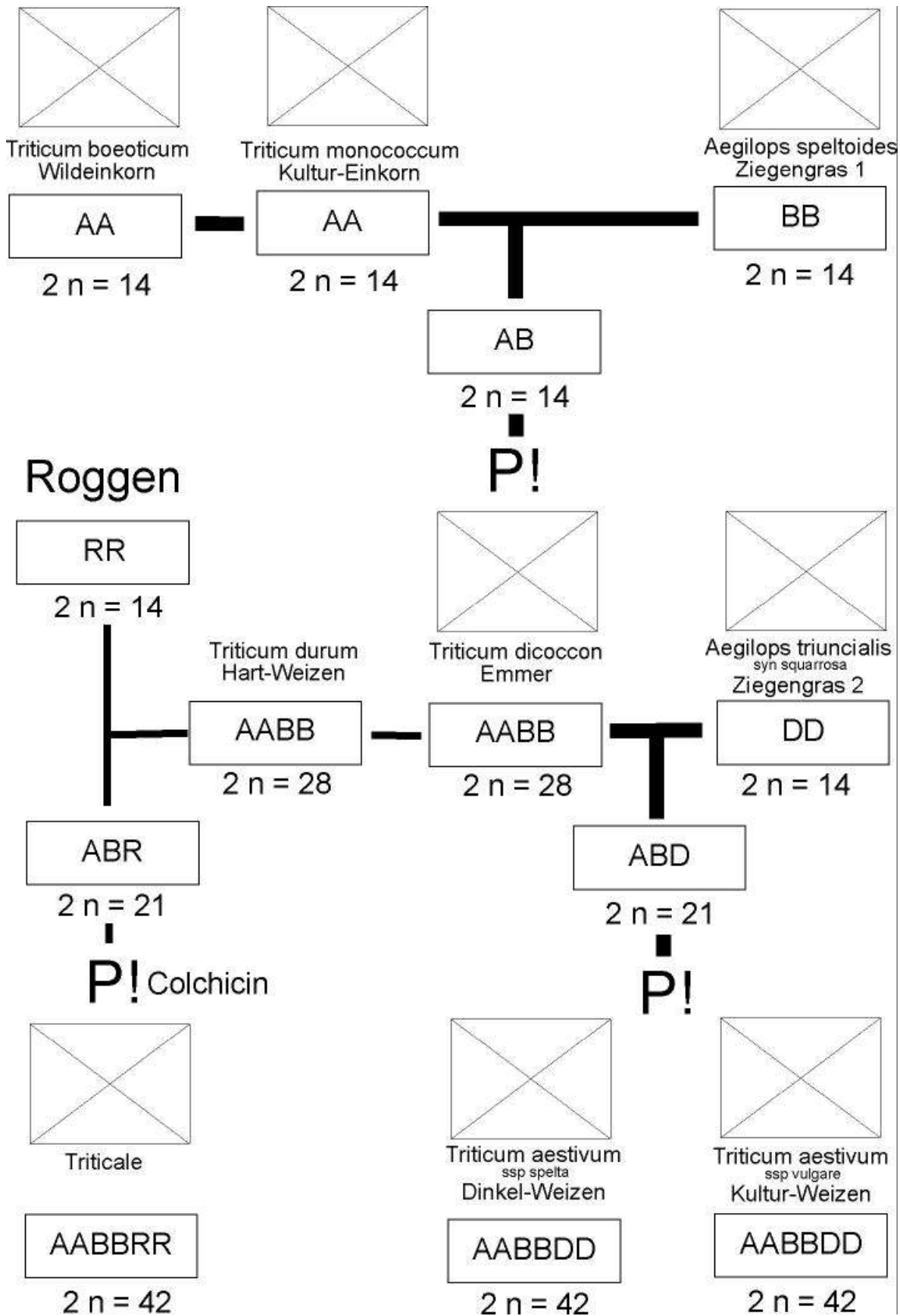
Zusammenstellung: Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover,
 Zeichnungen aus Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz (1885), Kurt Stüber, www.biolib.de

Getreidearten im Schulbiologiezentrum Hannover (LÖSUNG)

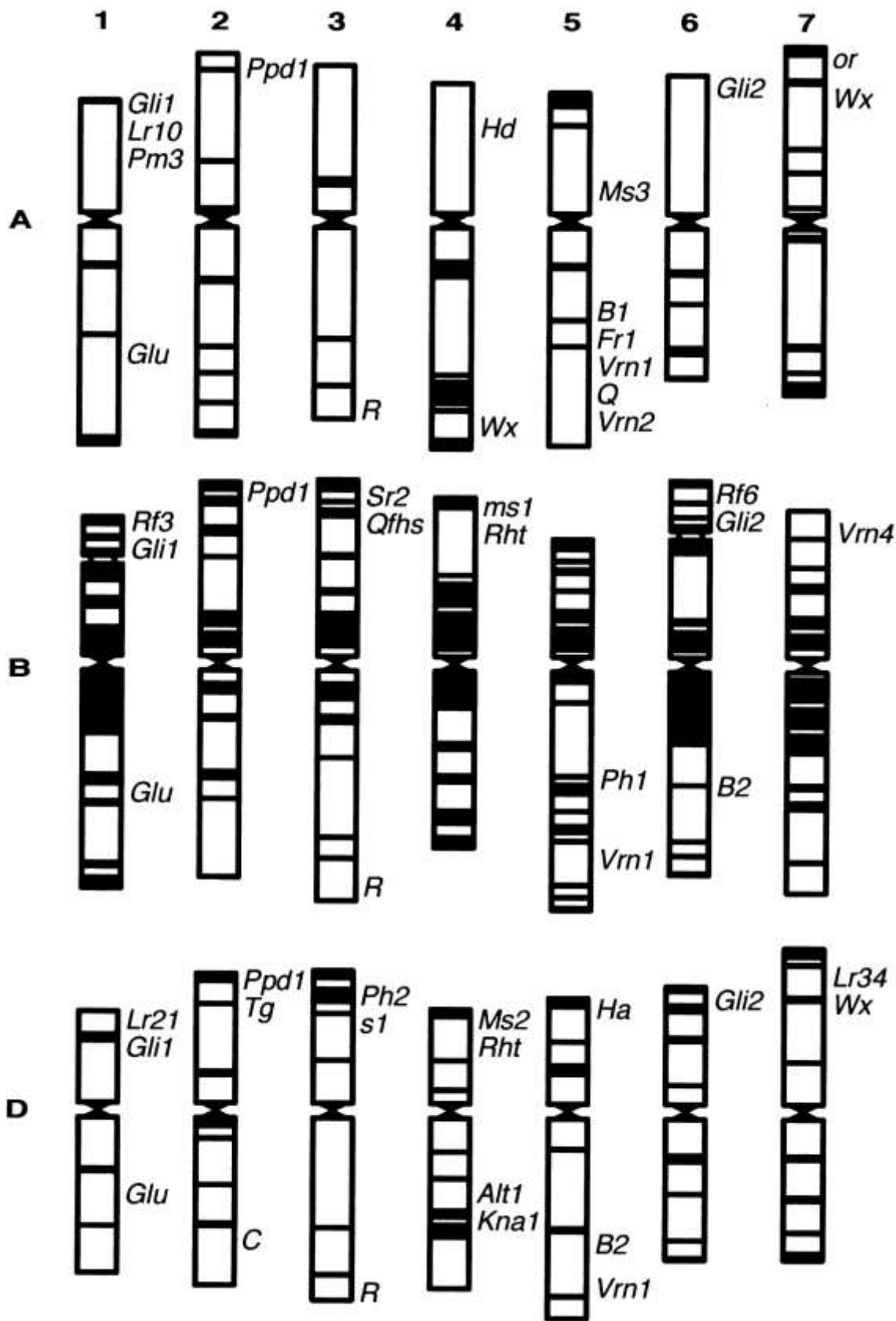
	<p>Rispe Ähre <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>		<p>Rispe Ähre <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
Hafer		Gerste	
	<p>Rispe Ähre <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>		<p>Rispe Ähre <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Blüten je Ährchen <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> >6</p> <p>Grannen <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein</p>
Roggen		Weizen	

Zusammenstellung: Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover,
Zeichnungen aus Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz (1885), Kurt Stüber, www.biolib.de

Entstehung des Kulturweizens



A, B und D-Genom des hexaploiden Weizens



A, B und D-Genom des hexaploiden Weizens

Quelle:

GrainGenes: A Database for Triticeae and Avena

<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages>

Weizen: (Überblick über alle Gene)

<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/wgc/98/>

Bearbeitet und übersetzt: Schulbiologiezentrum Hannover

Code		Bedeutung
Gli1 Gli2	Gliadin1 Gliadin2	Bestimmt Kleberanteil und –qualität (Backfähigkeit)
Glu	Glutenin	Bestimmt Kleberanteil und –qualität (Backfähigkeit)
R	Red grain color	Rötliches Korn dominant
	Grain hardness	Härte der Samenschale und Konsistenz des Endosperms Ha = weich, ha = hart
Wx	Waxy endosperm	Stärkezusammensetzung: Bestimmt das Verhältnis von Amylose und Amylopektin, „wachsige“ Varianten
Ppd1	Response to photoperiod	Blühverhalten unter Lang- bzw. Kurztagbedingungen
Vrn1 Vrn2	Response to vernalization	Einfluss von Winterkälte auf Samenkeimung (Vernalisation)
Sr2	Reaction to <i>Puccinia graminis</i>	Resistenz auf Weizen- Schwarzrost
Lr10 Lr21 Lr34	Reaction to <i>Puccinia recondita</i>	Resistenz auf Weizen- Braunrost
Pm3	Reaction to <i>Erysiphe graminis</i>	Resistenz auf Getreide-Mehltau
Qfhs	Quantitative Trait Locus	Grad der Ausprägung bestimmter Merkmale
Tg	Tenacious glumes	Weiche Spelzen
q	Spelt factor	Spelz- oder freidreschend
s1	Sphaerococcum factor	Rundliche Samen
C	Club spike shape	Keulenförmige Ähre
Rht	Reduced hight	Reduziertes Wachstum (Höhe des Halms)
Hd	Hooded (awns)	Grannenlose Ähren
B1	Inhibitor of awns	Grannen unterdrückt
B2	Inhibitor of awns	Grannen unterdrückt
ms	Male sterility	Männliche Sterilität
Ms	Male sterility	Männliche Sterilität
Rf3	Restorer for cytoplasmic male sterility	Hebt cytoplasmatisch-kerngenetische Pollensterilität (CMS) auf. Die CMS ist zur Züchtung reiner Linien notwendig, zum Samenansatz ist aber Befruchtung notwendig
Ph1	Pairing homoeologous	Meiose polyploider Chromosomen
Ph2	Pairing homoeologous	Meiose polyploider Chromosomen
Alt1	Aluminum tolerance	Abiotischer Stress, Aluminiumtoleranz
Fr	Frost resistance	Abiotischer Stress, Frosthärte
Kna	<u>K+/Na+ discrimination</u>	Abiotischer Stress, K+/Na+- Aufnahme
or	Osmoregulation	Osmoregulation

