

WiS Begierig



Budo und die Revolutionen



Budo erzählt von der Neolithischen und der Grünen Revolution





Inhalt

1

2

3

4

5

Bruchfest in die Neolithische Revolution: Domestikation von Einkorn
[Seite 4](#)

Molekulares
[Seite 6](#)

Auf dem Weg zur Hexaploidie: Emmer und Dinkel
[Seite 8](#)

„Freidreschend“ in die Zukunft: Hart- und Weichweizen
[Seite 10](#)

Kurzstroh ist gefragt: Weiter geht's mit der Grünen Revolution
[Seite 13](#)



Bruchfest in die Neolithische Revolution: Domestikation von Einkorn



Hallo, ich bin **Budo**, von Beruf Erzähler. Heute werde ich dir über Revolutionen berichten, nicht über politische oder technische, sondern über überlebenswichtige Revolutionen, wie die Neolithische und die Grüne Revolution. Vor etwa 12.000 Jahren, im ausgehenden Frühneolithikum der Jungsteinzeit, sah die Landschaft rund um das **Karaca Dag**-Gebirge in Süd-Anatolien (1), der heutigen Türkei, im *Goldenen Dreieck* des *Fruchtbaren Halbmondes* anders aus als heute. Der Pistazien-Mandel-Steppenwald bestand vornehmlich aus zwei Pistazienarten und einigen Mandel- und Weißdornarten, was typisch für Trockenwälder ist, die am Übergang zur Steppe liegen. Ich „beame“ mich nach Süd-Anatolien

und in die Zeit vor 12.000 Jahren. Nach kurzem Orientierungsblick geht's los gen Süden. Gehen ist gut! Es ist schwer und entsetzlich schmerzhaft in den ungewohnten Flip Flops. Fast barfuß schlepe ich mich dahin. Auch die Kleidung habe ich der Örtlichkeit angepasst. Dennoch fühle ich mich wie ein eingewickeltes Brötchen. Wieso komme ich auf Brötchen? Ach ja, Hunger habe ich und entsetzlichen Durst, die Sonne brennt unbarmherzig. Ich schlepe mich durch den Trockenwald, erreiche mit letzter Kraft einen Bach und stille zunächst meinen Durst, ohne die benachbarte Kleinfamilie zu bemerken. Sie nehmen mich wohl als Exot wahr: blond, blauäugig und mit heller Haut, also wirklich kein Einheimischer. Mein kurzes „Hallo“ wird mit einem Lächeln quittiert.

Als bald stellt sich heraus, dass eine verbale Kommunikation unmöglich ist, zu groß ist die Sprachbarriere.

Das ist nicht anders als in meiner Heimatstadt Köln:

Kölsch sprechen nur die in Köln geborenen Türken, die Einwanderer hingegen sind sprachlos und benötigen einen Dolmetscher.

Allerdings, vor 12.000 Jahren waren Dolmetscher in Anatolien noch unbekannt, nicht weil es sie nicht gegeben hätte, vielmehr weil Deutsch und Türkisch noch nicht existierten. Also bleibt mir nur die Zeichensprache und die gemeinsame Arbeit.

Am nächsten Morgen zieht die Kleinfamilie los und ich schließe mich ihnen an. Ich beobachte, wie sie Grassamen sammeln, ein mühsames Geschäft. Jedes Mal, wenn der Grashalm auch nur berührt wird, fallen alle Samen heraus und verteilen sich auf dem Boden. Die drei lesen, wie Vögel, jedes einzelne Korn auf und sammeln es in einem Tongefäß. So dauert es ewig, bis eine Mahlzeit zusammenkommt. Ich werde nervös und beginne zu helfen. Während die Frau und das Mädchen fast den ganzen Tag mit dem Sammeln der Körner beschäftigt sind, ernten wir Männer Mandeln und Pistazien, die als Beigaben zum Mahl gereicht werden.

Die Ähre des wilden Grases ist



(1) Göbekli Tepe am Randes des Karaca Dag Gebirges im „Fruchtbaren Halbmond“



(2) Ausgrabungen am Göbekli Tepe

offensichtlich äußerst brüchig und zerfällt leicht in ihre Einzelteile, kleine Ährchen, die jeweils nur ein Korn tragen: daher der Name Einkorn. Dieses wilde Einkorn ist das Grundnahrungsmittel der frühneolithischen Familie, wie auch aller anderen Gruppen, die ich später kennen lerne, was allerdings noch eine Weile dauern soll. Tage- und wochenlang streifen wir umher bevor es soweit ist. Im Laufe der Zeit wird die Kommunikation leichter. Wir grasen die Gegend im wahrsten Sinne des Wortes ab und entfernen uns weiter und weiter von den Karaca Dag Bergen.

Eines Tages treffen wir auf fünf Erwachsene, zwei Männer und drei Frauen. Sie haben einen einfachen Unterschlupf in der Nähe, einen halben Tagesmarsch entfernt, wie sich bald herausstellt. Wir können ebenfalls dort nächtigen. Vor Ort leben noch zwei weitere Gruppen mit gleichfalls überdachten Schlafstellen. Hier erfahre ich erstmals von dem **Heiligtum Göbekli Tepe**, zu dem sich die Gruppen hingezogen fühlen und das sie aufsuchen wollen. Eine lange Wanderung steht bevor, die nur langsam vorankommt, da wir fleißig Einkorn sammeln.

Aber dann, der Anblick ist überwältigend (2). Auf einem Hügel sind kreisförmige megalithische Steinsetzungen zu erkennen, von denen einige Reliefs aufweisen. Mir verschlägt es die Sprache. Da weit

und breit keine Behausung zu erkennen ist, müssen die Menschen wohl von weiter her kommen. Nahrung gibt es ja noch. Wildes Einkorn wächst auch hier, zugegeben nur spärlich. Aber Wasser, wo gibt es Wasser?

Es herrscht rege Bautätigkeit und viele Menschen laufen umher. Sie zu versorgen ist nicht einfach. Sammeltreffen müssen ausgesandt werden, um genügend Einkorn und Wasser herbeizuschaffen. Es ist abzusehen, dass bald in der näheren und dann auch in der weiteren Umgebung von **Göbekli Tepe** nicht mehr genügend Nahrung zu finden sein wird. Der Tag naht, an dem ich und „meine Familie“ diesen heiligen Ort verlassen. Die immer schwieriger werdende Versorgung mit Einkorn bereitet mir und allen anderen großes Kopfzerbrechen.

Da erinnere ich mich an meine Schulzeit, während der ich insbesondere bei den Mendelschen Erbgehlen aufgepasst hatte. Denn – nur eine Mutation kann hier helfen, also eine erbliche Veränderung, durch die die Ähre bruchfest wird sodass bei Berührung keine Samen mehr ausfallen.

Ich beobachte also gespannt, wie die Bewohner jetzt weiter vorgehen, was werden sie tun, um die Versorgungssituation zu stabilisieren. Wird ihnen etwas einfallen?

Die Menschen in und um Göbekli Tepe beraten sich gemeinsam:

„Lasst uns die zuletzt abgesammelten Gegenden noch einmal durchstreifen und nach Einkornpflanzen Ausschau halten, die noch Samen tragen. Dann überprüfen wir, ob sie die Samen nach einer Berührung behalten oder verlieren. Eingesammelt werden dann nur bruchfeste Ähren“ (3).

Aha, ich bin begeistert. Das ist eine hervorragende Idee. Sie sind ganz sicher auf dem richtigen Weg, indem sie nun zunächst die bruchfesten von den nicht bruchfesten Ähren trennen. Das Sammeln ist allerdings sehr mühselig, es vergehen einige ■



(3) Brüchige und feste Ähre des Einkorns

Tage, bis endlich ein paar Ähren zusammenkommen. Jedoch nur eine davon ist wirklich bruchfest, alle anderen sind lediglich unreif und zerbrechen aus diesem Grund nicht. Aber was jetzt? Einige aus der Gruppe wollen die wenigen Ähren sofort verzehren, da es immer noch nur wenig Nahrung gibt. Es kostet die anderen viel Überzeugung, sie davon abzuhalten und ihnen klar zu machen, dass die bruchfeste Ähre vorerst nicht zum Verzehr bestimmt ist. Die Körner dieser besonderen bruchfesten Ähre sollen ausgesät werden, da-

mit speziell diese Pflanze vermehrt wird. Im Laufe der Zeit erhält die Gruppe auf diese Weise mehr und mehr des domestizierten Einkorns, dessen Vermehrung nur sie vornehmen kann. Das Überleben dieser Pflanze liegt ganz in ihrer Hand. Für die Pflanze ist das schlecht, da sie sich nicht mehr ungehindert ausbreiten kann; für die Gruppe ist das gut, denn sie kann so leichter überleben, da sie das Nahrungsmittel stets bei der Hand hat und es immer in der Nähe der Schlafstelle anbauen kann. Zufrieden „beame“ ich mich

nach Köln zurück. Aus *Triticum boeoticum* (wildes Einkorn) haben die Jäger und Sammler *Triticum monococcum*, domestiziertes Einkorn, geschaffen: die Grundlage für die Sesshaftwerdung, so scheint es jedenfalls. In WiS Begierig Heft 10 werde ich eine andere Interpretation Sichtweise vorstellen, nämlich, zuerst wurden die Menschen sesshaft und dann kam die Landwirtschaft. Wie dem auch sei, die **Neolithische Revolution** war eingeläutet. ■



Molekulares

Was war nun wirklich passiert? Um das zu klären, mache ich mich schleunigst auf den

Weg in die Universitätsbibliothek. Hier finde ich drei Artikel, die alle aus Kölner Einrichtungen stammen. Zwei aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung und ein kommentierender Bericht aus dem Hause M. DuMont Schauberg.

Bereits 1997 hatten die Kölner Forscher in dem renommierten Science Magazine über Weizen Domestikation in Anatolien berichtet (Ref.1). Mithilfe molekularbiologischer Methoden hatten die Forscher das Zentrum der Domestikation am Karaca Dag Gebirge ausgemacht, tatsächlich so wie ich es bei meiner „Ortsbegehung“ vor ca.

Kölner Express 14.Nov. 1997

Seite 3 1 K/Bo

Unser Weizen ist ein Türke

Kölner Max-Planck-Forscher fand Wiege des Getreideanbaus

Von HARALD W. JÜRGENSONN

Der Zeuge ist nur wenige Millimeter klein. Aber er hat's in sich. Der Kölner Wissenschaftler Professor Dr. Francesco Salamini brachte ihn jetzt zum Sprechen. Zeuge Einkorn sagt aus: Die Wiege unserer heutigen Landwirtschaft

Dienst der Wissenschaft. Kartoffelsorte „Bintje“ wurde genetisch manipuliert, soll Kraut- und Knollenfäule keine Angriffsfläche mehr bieten. „Linda“, ebenfalls im Labor fitge-

11 000 Menschen arbeiten für die »Max-Planck-Gesellschaft«, 3000 davon sind Wissenschaftler. 75 Forschungseinrichtungen, 5500 Stipendiaten, Gastwissenschaftler und Doktoranden. Finanzierungsbedarf: 1,81 Milliarden Mark (zahlen Bund und Länder). In Köln gibt es

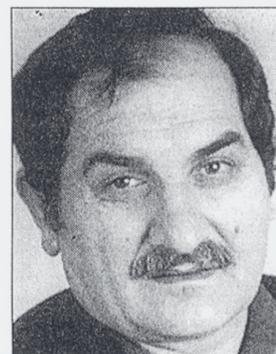
**Archäologen bestätigen:
Erste Ernte um 9000 v.Chr.**

stand im Südosten der Türkei, vor etwas über 10 000 Jahren.

Zeuge Einkorn ist ein Weizensamen. Eine von 1362 Proben, die Professor Salamini seiner „Vernehmungsmethode“ unterzog – der DNA-Analyse. Er zerlegte die kleinen Körner in genetische Informationen, verglich sie wieder und wieder miteinander. Bis er das Ergebnis hatte: Ursprünglich wurde dieses Getreide am Fuße der Karacadag-Gebirgskette in der Nähe von Diyarbakir angepflanzt. Um 9000 vor Christus, wie archäologische Funde bestätigen.

Max-Planck-Institut Köln. Die Schmiede schlauer Köpfe.

1460 Quadratmeter gepflügter Boden. Die Erde duftet, sie ist locker, sie ist gut. „Bintje“ und „Linda“ keimen hier im



Prof. Dr. Francesco Salamini leitete die Weizenforschung.

macht, wird später drei von Blattläusen übertragenen Virusarten trotzen können.

Die dritte Sorte heißt „Prevalent“. Eine industriell genutzte Kartoffel, die Kölner Gen-Veränderung sorgt dafür, daß sie später eine Stärke produzieren kann, die als Bindemittel in Lebensmitteln, als Bestandteil von Papier, Arzneimitteln und Kunststoffen verwendet wird.

Die Schmiede neuer Gene.

Labors im Rheinland helfen der ganzen Welt

drei Institute: für Gesellschaftsforschung, für neurologische Forschung und für Züchtungsforschung (hier wurde der Einkorn-Weizen untersucht).

Seit der Gründung (1911 als »Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft«) gab es hier 30 Nobelpreisträger.

Die Schmiede des Wissens. Wozu brauchen wir solche Untersuchungen?

Beispiel Kartoffeln: Wenn sie resistent werden, kann sich das auf andere Nutzpflanzen übertragen lassen, die noch keinen Abwehrmechanismus haben.

Wissen gegen den Hunger. Beispiel Einkorn: Die Gen-Analyse verrät, wie sich Pflanzen im Lauf der Zeit verändern. Wir können weitere negative Veränderungen verhindern.

Wissen für die Menschheit. Es kommt aus dem Rheinland.

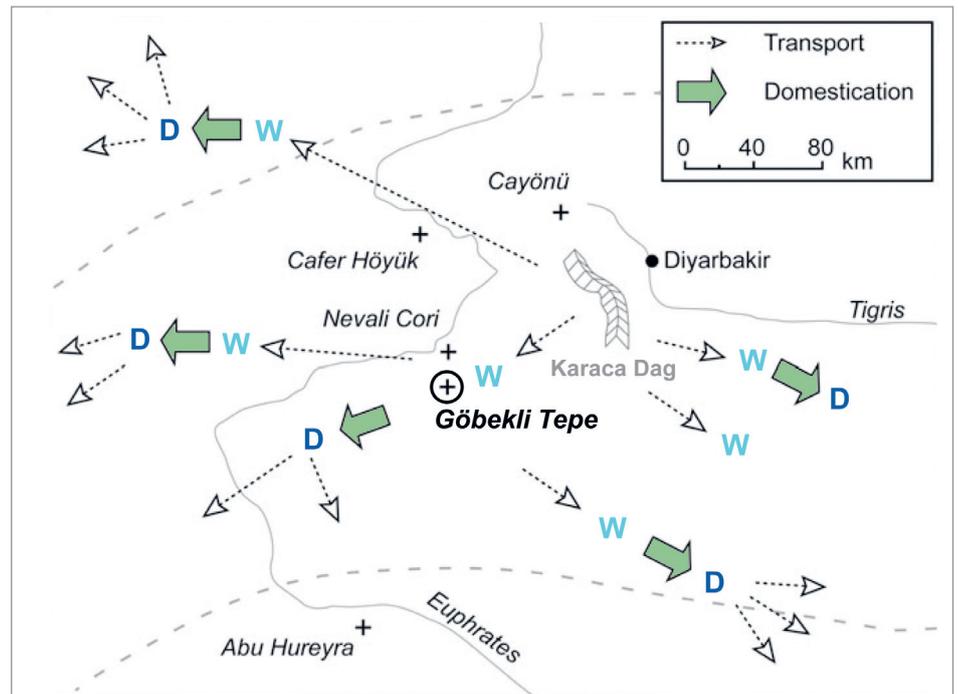
12.000 Jahren „erlebt“ hatte. Ich frage mich natürlich, wie wurden diese Ergebnisse von der allgemeinen Öffentlichkeit wahrgenommen?

Auch hierzu fand ich einen Artikel im Kölner EXPRESS. Unter der Überschrift: „Unser Weizen ist ein Türke“ wurde in bemerkenswert ausgewogener Weise über die Sache, das Institut und die Max-Planck-Gesellschaft berichtet. Beachtenswert, da Mitte der 1990er Jahre Grüne Gentechnik ein Schimpfwort war. Es hat sich bis heute, jedenfalls in Deutschland, nichts verändert, denke ich. Aber vielleicht hatte der Artikel im EXPRESS doch einen Effekt auf die Bürger.

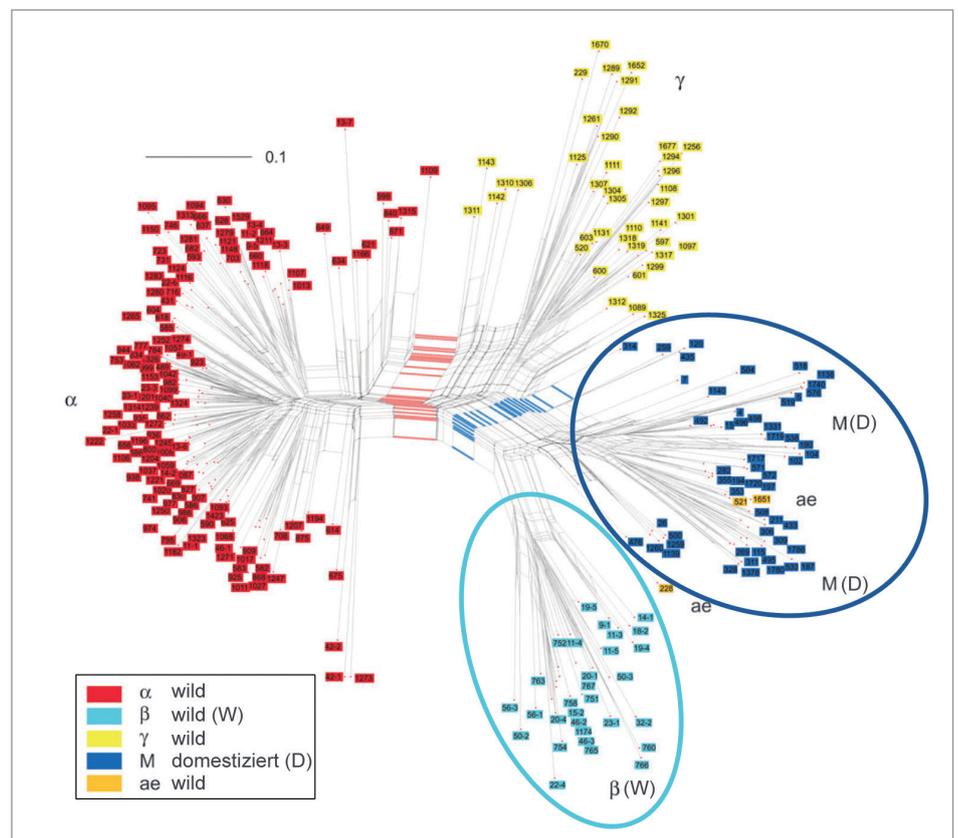
Da hierüber in der Presse nichts vermerkt war, versuche ich es mit dem Interview eines damals Beteiligten. Der bescheinigte mir, dass am Tage nach der Veröffentlichung des Artikels eine Veränderung in der Stadt spürbar war. Einige türkische Mitbürger gingen mit stolzeschwellter Brust umher, nach dem Motto: „seht her, das haben wir der Welt gegeben“.

Ich bin so richtig in die Detektivarbeit vertieft und entdecke einen zehn Jahre später erschienenen Artikel in der Zeitschrift „Molecular Biology and Evolution“ (Ref.2). Wie der Titel der Arbeit schon ausweist, handelt es sich um eine sehr detaillierte molekularbiologische Untersuchung der genetischen Information vieler Gene von vielen Einkornarten. Im Groben konnten die alten Ergebnisse bestätigt werden. Mit größerer Präzision konnte der Herkunftsort des domestizierten Einkorns bestimmt werden und auch welche Einkornart und -linie zur Domestikation geführt hatte.

Im Einzelnen: *Triticum boeoticum* wurde rund um den Karaca Dag gefunden. Die molekularen Analysen ergaben, dass das AA-Genom von Einkorn **wiederholt domestiziert** wurde (D) (4). Die DNA-Sequenzanalyse zeigt, dass drei Linien von *Triticum boeoticum* existieren, von denen allerdings nur die β -Linie



(4) Domestikationszentren (D) rund um den Karaca Dag



(5) Verwandtschaftsverhältnisse von wildem und domestiziertem Einkorn

(hellblau) mehrfach zu *T. monococcum* (dunkelblau) **domestiziert** worden war (5).

Meine Studien in der Bibliothek zeigen klar, dass *Triticum monococcum* nicht lange der wichtigste Spieler in der Neolithischen Revolution blieb,

andere Wildgräser waren potente Konkurrenten. Ja selbst innerhalb der Evolution des Weizens wurden andere *Triticum*-Arten bedeutsamer für die Entwicklung der Menschheit, zumindest im Vorderen Orient vom Zweistromland (Euphrat und Tigris) bis

nach Ägypten (Nil).

Ein anstrengender Tag neigt sich dem Ende. Etwas Entspannung im Fitness Studio wäre jetzt gut und dann ab ins Bett.

Guten Morgen! Guten Morgen ist gut, die ganze Nacht habe ich grü-

belnd im Bett gelegen und mich mit Revolutionen beschäftigt, genauer mit der Neolithischen Revolution, die für mich ja noch immer nicht abgeschlossen ist.

Das Einkorn (*Triticum monococcum*) war aus dem Wilden Einkorn

(*Triticum boeoticum*) hervorgegangen. Aber wie ist unser heutiger Kulturweizen entstanden? ■

Auf dem Weg zur Hexaploidie: Emmer und Dinkel

3

Die Antwort liegt in Ost-Anatolien in der Nähe des Euphrats, wo es noch viele andere Gräser gibt.

Eines kommt mir sehr bekannt vor. Es ist Einkorn, Wildes Einkorn, das später *Triticum urartu*, nach seinem Heimatland in der Nähe des Van Sees benannt wird und mit *T. boeoticum* sehr nahe verwandt ist, also ebenfalls ein AA-Genom trägt, wie ich den Arbeiten der Molekularbiologen entnehme (6).

Aber da sind noch andere Gräser: der Wilde Spelzweizen (*Triticum speltoides*) und der Wilde Emmer (*Triticum dicoccoides*).

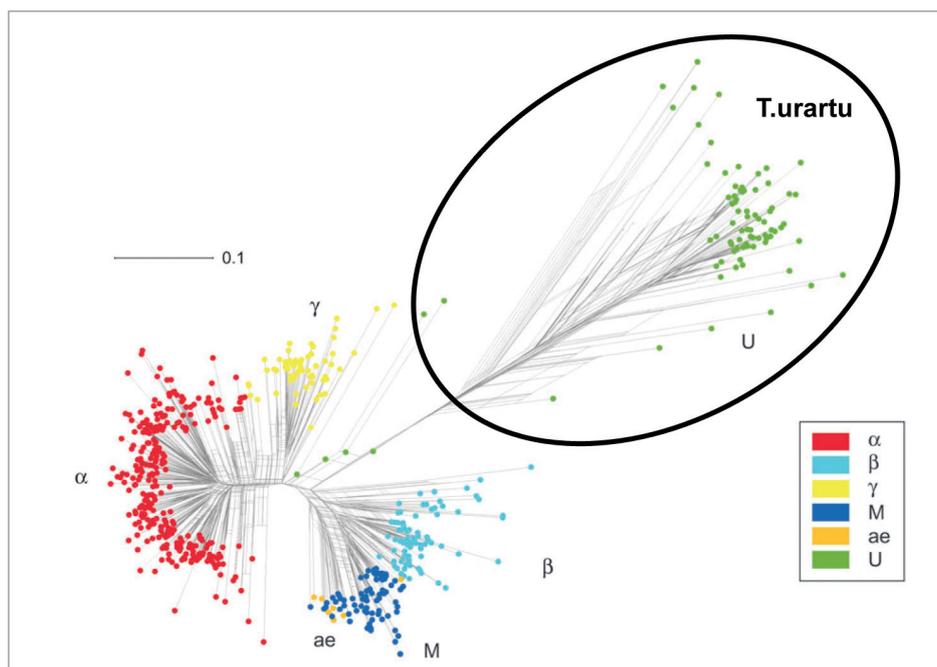
Wie diese Gräser aussehen, kann man im Garten der Wissenschafts-Scheune des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung in Köln sehen und die *Evolutionsgeschichte des hexaploiden Weizens in spielerischer Weise* erfahren.

Aber zurück zu *T. speltoides*, das aber, wie die Literatur zeigt, ein

BB-Genom in die Evolution des Weizens einbringt. All das klingt fürchterlich kompliziert. Na ja, das ist es auch. Also vielleicht fange ich besser vom Ende her an. Der heutige Weizen ist hexaploid, er hat je 2 Chromosomensätze von drei verschiedenen Arten, die die 3 Genome AA, BB und DD in den heutigen Kulturweizen einbringen, der demnach die genetische Konstitution AABBDD hat.

Zur Erinnerung, wir, die Menschen, haben einen Chromosomensatz vom Vater und einen Satz von der Mutter, unser Genom ist also diploid.

T. speltoides selbst ist offensichtlich nie domestiziert worden, aber es hat sein BB-Genom durch spontane Kreuzung mit *T. urartu* (AA-Genom) in den Wild-Emmer, *T. dicoccoides*, eingebracht. Die Nachkommen dieser Kreuzung sind alle tetraploid (AABB). Wie auch seine wilden Vorfahren, hat der Wild-Emmer eine brüchige Rachis, d.h. die Ährchen brechen bei der Reifung und die Samen werden für eine Wildpflanze optimal verteilt. Anders als bei seinen Vorfahren enthält jedes Ährchen jedoch nicht nur ein Korn, sondern zwei Körner. Ich erinnere mich natürlich daran, wie wir Einkorn domestiziert haben, und so hätte man auch den zweikörn-



(6) Eine andere wilde Einkorn-Art ist Ausgangspunkt der Domestikation von Weizen

gen Emmer domestizieren können.

Der exakte Domestikationsursprung des tetraploiden Emmers (*T. dicoccum*) mit dem Genom AABB bleibt im Dunkeln. Belege früher Funde finde ich u. a. in Nevalı Cori, ganz in der Nähe von Göbekli Tepe im *Fruchtbaren Halbmond* um ca. 7 500 v. Chr. (7).

Aber was ist an Emmer so besonders?

Er ist eiweiß- und mineralstoffreich und wurde auch zur Bierherstellung genutzt (dunkles, meist trübes, sehr würziges Bier), die bereits im alten Mesopotamien gepflegt wurde. Im alten Ägypten diente Bier auch zur Ernährung der Bevölkerung.

Im *Fruchtbaren Halbmond* fand noch ein weiteres Ereignis von globaler Bedeutung statt:

Der domestizierte Emmer (*T. dicoccum*) ging eine Fusion mit dem wilden Gänsefußgras (*Aegilops squarrosa*, Genom DD) ein. Hieraus resultierte unser heutiger Dinkel (*T. spelta*) mit seinem hexaploiden Genom AABBDD. Ich frage mich nun: Ist dieser Dinkel ein Dreikorn? Google beantwortet die Frage mit einem klaren: ja.

Die Sache scheint kompliziert und doch wiederum einfach.



(7) Der „Fruchtbare Halbmond“ um ca. 7500 v. Chr.

Hier ist meine Zusammenfassung:

Einkorn

ist diploid (AA) und hat 1 Korn pro Ährchen,

Zweikorn (Emmer) ist tetraploid (AABB) und hat 2 Körner pro Ährchen,

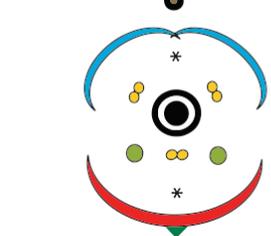
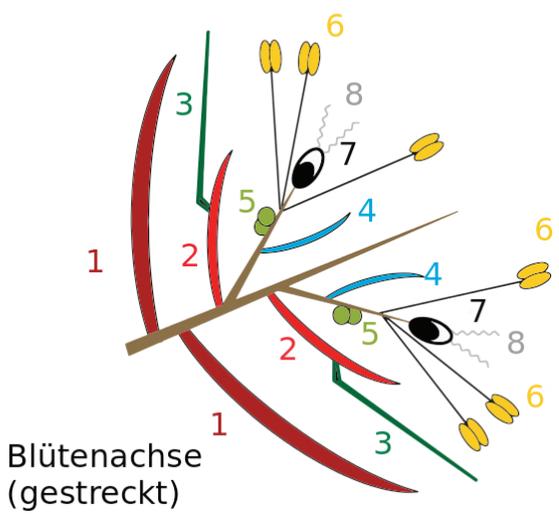
Dreikorn (Dinkel) ist hexaploid (AABBDD) und hat 3 Körner pro Ährchen.

Aber: Diese Weizenarten besitzen, wie alle Süßgräser, Spelzen.

Viele Fragen beschäftigen mich, u. a.: Was sind Spelzen? Eine Spelze ist ein Hochblatt im Ährchen, dem Teilblütenstand der Süßgräser. Spelzen sind meist trockenhäutig und umgeben die Blüte (8). Sie sind hart und nicht essbar. Bei den Süßgräsern sind im Ährchen mehrere Spelzen vorhanden. Form und Anzahl der Spelzen sind charakteristische Merkmale für die Bestimmung von Gräsern. Lästig war, dass diese Spelzen mit dem Korn verwachsen waren und daher beim Dreschen nicht abgingen. Das störte die Nutzung schon sehr, so dass in einem weiteren Arbeitsgang die Spelzen entfernt werden mussten (9). ■

Ährchen und Blüten

Blütendiagramm



- 1 = Hüllspelze
- 2 = Deckspelze
- 3 = Granne
- 4 = Vorspelze
- 5 = Schwellkörper
- 6 = Staubbeutel
- 7 = Fruchtknoten
- 8 = fedrige Narben



(8) Ein zweiblütiges Ährchen

(9) Einkorn: mit und ohne Spelzen

4

„Freidreschend“ in die Zukunft: Hart- und Weichweizen

In der Evolution einer Spezies (Art) passieren Verlustmutationen auch spontan. Ein gutes Beispiel ist das freidreschende Einkorn *T. sinskajae*, das in der



(10) Die natürliche Einkorn Mutante *T. sinskajae*

Türkei gefunden wurde. Charakteristisch sind seine kompakten Ähren und die relativ kurzen Grannen (10). Ist eine derartige Mutation einmal aufgetreten, dann kann sie in andere Kulturformen eingekreuzt werden.

Ein Blick in die Literatur zeigt mir schnell, dass

die Spelzen der heutigen Hartweizen und der Brot- oder Weichweizen nicht fest verwachsen, also freidreschend sind. Sie stellen in dieser Hinsicht modernere Arten dar und ich frage mich, wie sie entstanden sind. Die alten Ägypter kannten den Hartweizen (*T. durum*) schon. Allerdings betrieben erst die Römer einen großflächigen Anbau im Mittelmeerraum. Das war die Geburtsstunde der Pasta (Teigwaren). *T. durum* war als freidreschender Weizen aus dem Emmer gezüchtet worden, und immer noch tetraploid, also mit einem AABB-Genom ausgestattet.

Zehn Prozent des heutigen weltweiten Weizenanbaus ist Hartweizen. Damit bleiben fast 90 % des globalen Anbaus für *T. aestivum*, dem Weich- oder Brotweizen, der auch nur einfach Weizen genannt wird. Dieser hexaploide Weizen mit dem Genom AABBDD war aus dem bespelzten Dinkel gezüchtet worden. Die meisten heutigen Weizensorten sind ohne Grannen, aber auch begrannter Wei-

zen ist bekannt. Die Begrannung ist also kein Unterscheidungsmerkmal z. B. zwischen Gerste und Weizen.

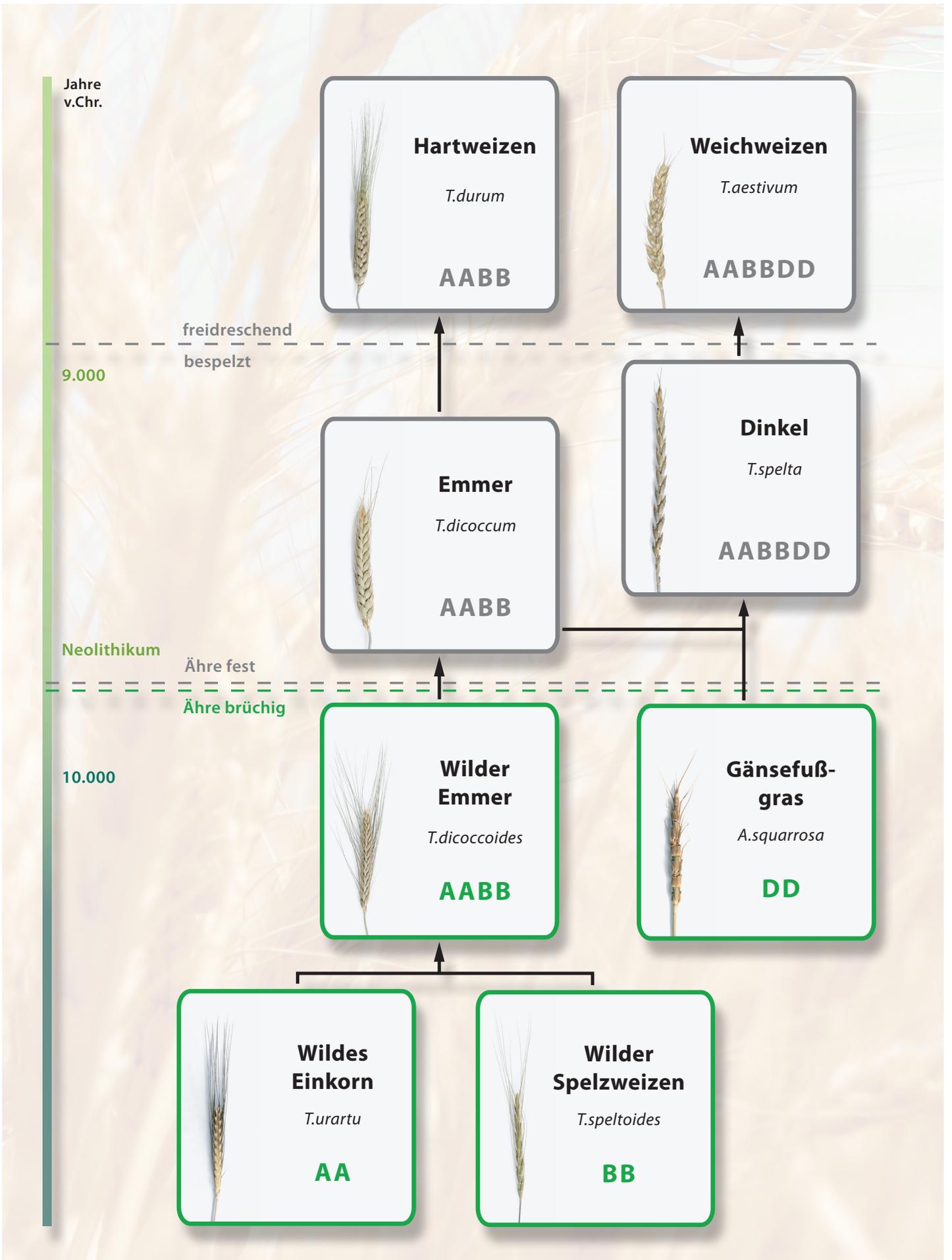
Ich denke, es ist wieder an der Zeit, einen Zwischenstopp einzulegen und die Vorgänge der Evolution des tetraploiden Hart- und des hexaploiden Weizens zusammenzufassen (11).

Natürlich will ich mehr über die Molekularbiologie dieser Domestikationen wissen.

Welche Gene legen die Hauptmerkmale fest:

- Brüchigkeit der Spindel (Ähre) und
- freidreschend.

Wildpflanzen zeichnen sich durch eine optimale Verteilung ihrer Samen aus. Bei Gräsern bedeutet das eine Fragmentierung der Spindel (Zerfall in die einzelnen Ährchen). Eine bruchfeste Spindel ist daher für die Nutzung eines Grases als Nahrungsmittel von herausragender Bedeutung. Beim hexaploiden Weizen wurden drei Gene *Br1*, *Br2* und *Br3* auf



(11) Evolution der Weizenarten

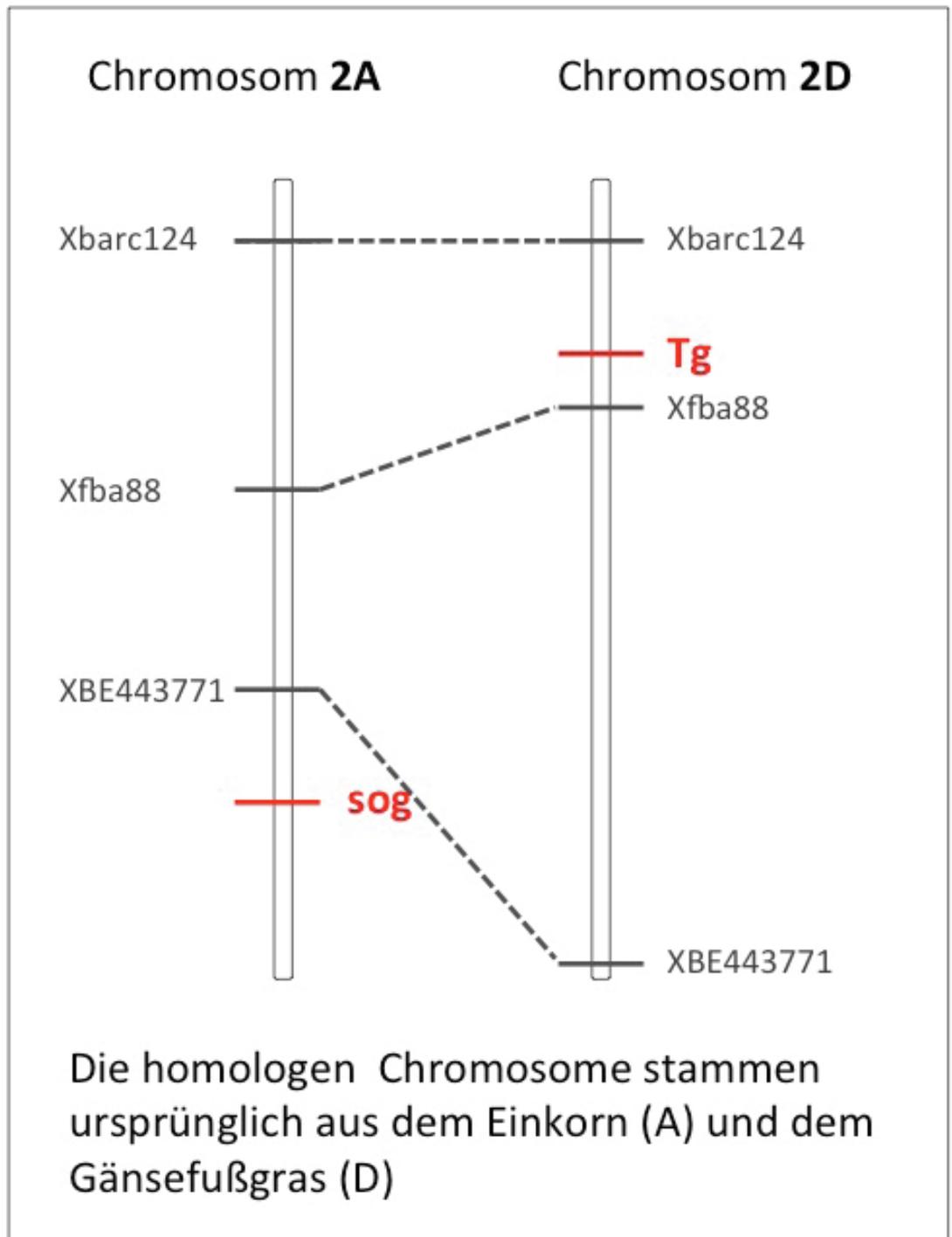
den Chromosomen 3A, 3B und 3D, Beiträge der drei unterschiedlichen Verfahren, lokalisiert.

Eine wesentliche Erleichterung war das Merkmal „freidreschend“.

Beim diploiden *T. sinskajae* haben wir bereits das Merkmal „freidreschend“ kennengelernt. Es beruht auf einer rezessiven Mutation im „soft glume“ Gen (*sog*,12), wobei das dominante *Sog* Allel harte, angewachsene Spelzen bewirkt, was für Wildgräser charakteristisch ist. Eine Veränderung (Reduzierung, Verlust) in der *Sog* Funktion (Wildtyp Allel), wie in *sog* (verändertes Allel des *Sog* Gens) führt beim Dreschen zum Abfall der Spelzen vom Korn. Ein Vergleich des diploiden *T. sinskajae* und des hexaploiden Weizens zeigt, dass ebenfalls Chromosom 2, aber ein anderes Gen mit anderer Funktion *Tg* betroffen ist (12). Dieses Chromosom 2D stammt ursprünglich aus *Aegilops squarrosa*.

Wer soll sich da noch durchfinden? Nur die Ruhe bewahren und nicht nervös werden. Nachlesen und nachdenken hilft oft, so auch hier.

Da die wilden Vorläuferarten mit dem Korn festverwachsene Spelzen

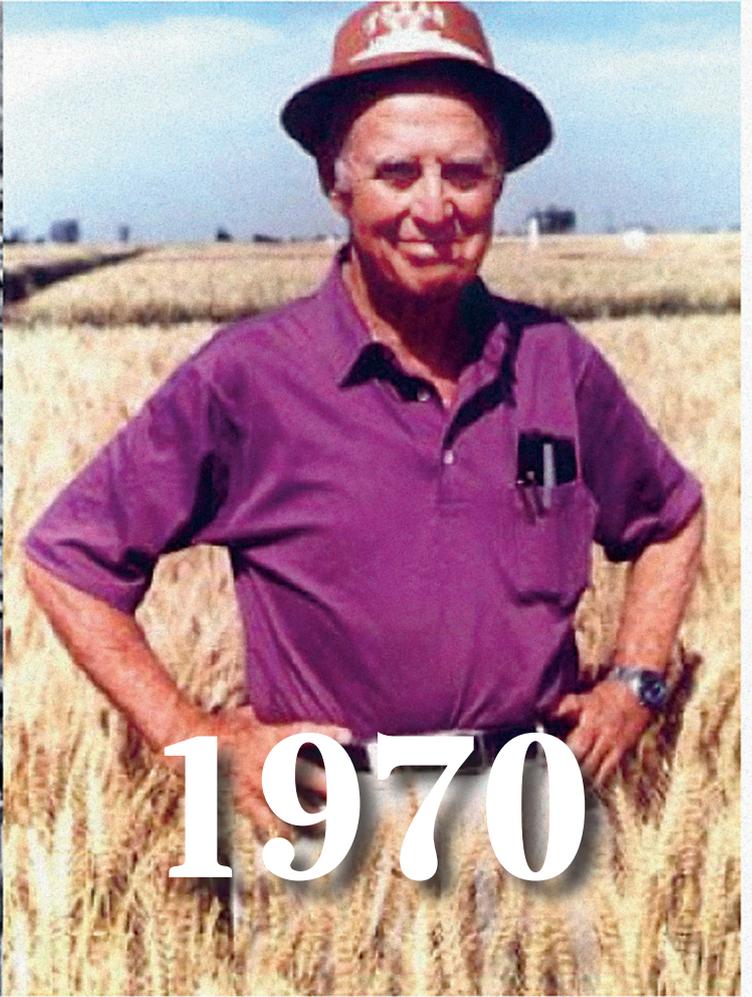


(12) Lage der Gene auf dem Chromosom

aufweisen, müsste in den hexaploiden Kulturformen in jedem der Chromosomensätze unabhängig voneinander eine Mutation stattgefunden haben. Dies ist jedoch sehr unwahrscheinlich. Im hexaploiden Weizen kontrollieren *Q* und *Tg* das Merkmal freidreschend, wobei *Tg* die Ausprägung des auf Chromosom 5A lokalisierten *Q*-Gens hemmt (Ref.3). Ein *tgtgQQ* Genotyp steht demnach für

freidreschend im tetra- und hexaploiden Weizen. Nunmehr glaube ich die wesentlichen Vorgänge der Neolithischen Revolution verstanden zu haben und ich frage mich: Stehen noch mehr Revolutionen an?

Die Antwort ist schlicht: ja. ■



(13) Vom Langstroh zum Kurzstrohweizen – Der Vater der Grünen Revolution Dr. Norman Borlaug.

5

Kurzstroh ist gefragt: **Weiter geht's mit der Grünen Revolution**

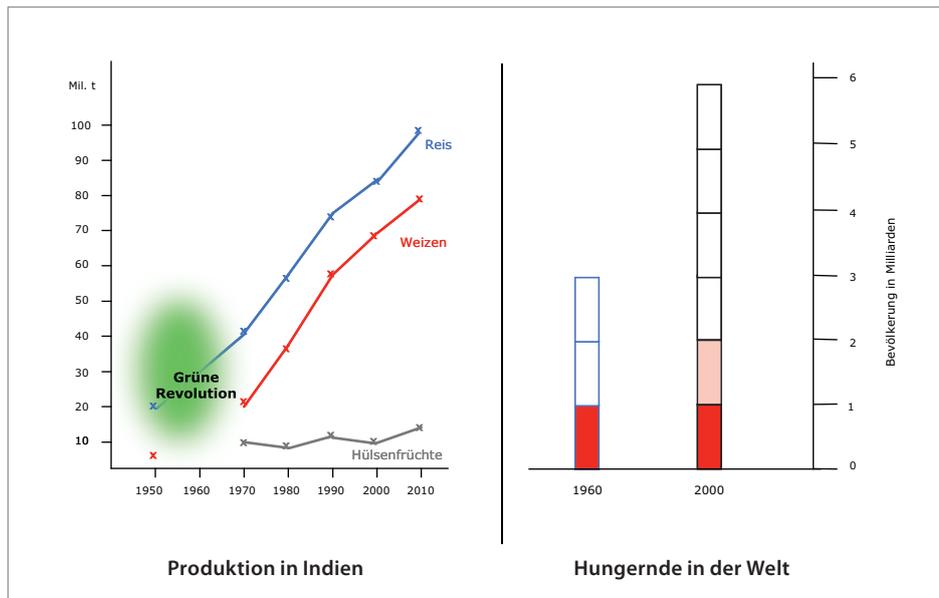
Schon in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts stand es um die pro Kopf Ernährung der Weltbevölkerung nicht zum Besten, insbesondere nicht in der Dritten Welt. Ich erinnere mich an die Situation in Indien: Die Bevölkerung nahm dramatisch zu und die zur Verfügung stehenden Nahrungsmittel hielten nicht mehr Schritt. Hunger überall. Neue Weizensorten aus dem

„Internationalen Mais und Weizen Verbesserungszentrum (CIMMYT)“ im fernen Mexiko schienen die Lösung des Problems bereitzuhalten.

Alte Weizensorten konnten durch Düngung und Pflanzenschutz höhere Erträge erzielen, Wind und Regen brachten sie jedoch buchstäblich zu Fall. Die Pflanzen fielen einfach um und aus war es mit dem Ertrag. Die Züchtung von Kurzstroh-Sorten durch Norman Borlaug, die ihm

später den Friedens-Nobelpreis (1970) einbrachte, läutete die nächste Revolution ein (14). Der kurze und kräftige Halm konnte die durch Düngung großen und schweren Ähren tragen und sie auch vor den Folgen von Wind und Regen bewahren. Die so erzielten Hoherträge konnten eingefahren werden.

Durch Literaturrecherche lernte ich, was passiert war: Das Pflanzenhormon Gibberellinsäure (GA)



(14) Ergebnis der Grünen Revolution

wird für viele Wachstumsprozesse benötigt, wie z. B. für die Blütenentwicklung, die Samenkeimung und das Wachstum des Halms. DELLA Proteine kontrollieren diese Prozesse. Die Rht-Gene des Weizens kodieren DELLA Proteine. Mutationen in den Weizen Genen *Rht-B1b* und *Rht-D1b* führen daher zu Kurzstroh (14).

Die Grüne Revolution trug erheblich zur Verbesserung der Ernährungslage in der Welt bei (15). Während 1960 etwa 1 Milliarde Menschen hungernten, also etwa 1/3 der Weltbevölkerung,

war dieser Anteil im Jahr 2000 halbiert, obwohl sich die Weltbevölkerung inzwischen verdoppelt hatte. Die Grüne Revolution hatte etwa eine Milliarde Menschen vor dem Hungertod bewahrt.

Ein weiterer Erfolg der Grünen Revolution war die Lage in Indien. Dieses Land wurde zum Selbstversorger, ja sogar zu einem Weizenexportland, nachdem die Inder die neuen Kurzstroh-Sorten in ihre lokalen Sorten eingekreuzt und somit an die neue Umwelt angepasst hatten. Der Einfluss der Grünen Revolution bei Weizen und

Reis wird aus Abb. 15 deutlich, wobei die Produktion aller Hülsenfrüchte als Kontrolle dient.

Natürlich waren auch negative Aspekte mit der Grünen Revolution verbunden. Einige Länder hatten versäumt, die Hochlandsorten aus Mexico an ihre Biotope zu adaptieren. Der direkte Anbau in niedrigen Höhen führte daher zu einem Desaster. Andere Fehlentwicklungen waren Überdüngung, exzessiver Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln, sowie der Anbau von Monokulturen und damit eine Reduzierung der Sortenvielfalt auf den Äckern.

Führt das alles zu weiteren Revolutionen?

Die Antwort: ja. Doch davon später mehr.

Bis bald,

Budo

Referenzen

Textnachweise:

Arbeiten aus dem MPIPZ:

- Ref. 1: Heun, M., Schaefer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Acerbi, M., Borghi, B., and F.Salamini (1997). Site of Einkorn Wheat Domestication Identification by DNA Fingerprinting. *Science* 278, 1312.
- Ref. 2: Kilian, B., Özkan, H., Walther, A., Kohl, J., Dagan, T., Salamini, F. and Martin, W. (2007). Molecular Diversity at 18 Loci in 321 Wild and 92 Domesticated Lines Reveal No Reduction of Nucleotide Diversity during *Triticum monococcum* (Einkorn) Domestication: Implications for the Origin of Agriculture. *Mol. Biol. Evol.* 24, 2657

Andere:

- Ref. 3: Sood, S., Kuraparthi, V., Bai, G. and Gill, S.B. (2009). The major threshability genes soft glumes (*sog*) and tenacious glume (*Tg*), of diploid and poly ploid wheats, trace their origin to independent mutations at non-orthologous loci. *Theoret. Appl. Genet.* 119, 341
- Ref. 4: Hedden, P. (2006). Green Revolution Genes. *Plant Physiology Essay* 20.2

Bildnachweise:

Aus dem MPIPZ:

- (3), (8), (11), (14), (15) aus Ref. 2: (4), (5), (6)

Andere:

- (1): www.andrewcollins.com/db_GobekliTepe_Urfa-Region9.jpg
- (2): Katalog zur Ausstellung: Vor 12 000 Jahren in Anatolien „Die ältesten Monumente der Menschheit“, Karlsruhe 2007, S. 30
- (7): verändert nach www.facebook.com/pages/Fruchtbarer-Halbmond/107640965925381
- (9): <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/379362>
- (10): www.darzau.de/index.php?id=6
- (12), (13): verändert nach Ref. 3.



Titel Weizen: „Weizenähren“ von Eugen StaabOriginal uploader was Eugen Staab at de.wikipedia - Transferred from de.wikipedia; transferred to Commons using CommonsHelper.(Original text : Selbst fotografiert). Lizenziert unter Public domain über Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Weizen%C3%A4hren.jpg#mediaviewer/Datei:Weizen%C3%A4hren.jpg>

Titel Göbekli Tepe + Bild 2: „Göbekli Tepe“ by Creator:Rolcosar - Own work. Licensed under Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0-2.5-2.0-1.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:G%C3%B6bekli_Tepe.jpg#mediaviewer/File:G%C3%B6bekli_Tepe.jpg

Inhalt 1 + Bild 1: „Region between the seas in the Middle East“ von User:Madden - Own work; map from Image:Topographic90deg N0E0.png. Lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 über Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Region_between_the_seas_in_the_Middle_East.png#mediaviewer/Datei:Region_between_the_seas_in_the_Middle_East.png

Inhalt 2 + Seite 6: Kölner Express, 14. November 1997, Seite 3, „Unser Weizen ist ein Türke“, Harald W. Jürgensson

Inhalt 3 + Bild 8: „Grasbluete“ von Grasbluete.png: Alfredderivative work: Enzoklop - Diese Datei wurde von diesen Werken abgeleitet:Grasbluete.png. Lizenziert unter Public domain über Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grasbluete.svg#mediaviewer/Datei:Grasbluete.svg>

Inhalt 5 + Bild 13 (rechts):

Bild 7: „Fruchtbarer Halbmond“. Licensed under Public domain via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fruchtbarer_Halbmond.JPG#mediaviewer/File:Fruchtbarer_Halbmond.JPG
oder (schlechte Quali) „Fertile Crescent 7500 BC DAN“ von derivative work: Sten Porse (talk)Fertile_Crescent_7500_BC_NOR.PNG: Bjortvedt - Fertile_Crescent_7500_BC_NOR.PNG. Lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 über Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fertile_Crescent_7500_BC_DAN.PNG#mediaviewer/Datei:Fertile_Crescent_7500_BC_DAN.PNG

Bild 9: „Einkorn BMK“ von BMK - self made by BMK. Lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0-de über Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einkorn_BMK.jpg#mediaviewer/Datei:Einkorn_BMK.jpg

Bild 10: Getreidezuechtungsforschung Darzau, Darzau Hof 1, 29490 Neu Darchau, Deutschland/Germany, Dr. Karl-Josef Müller (Leitung, Roggen, Weizen, Gerste, Hafer, Einkorn), [www.darzau.de /index.php?id=54&no_cache=1&word_list\[\]=sinskajae](http://www.darzau.de/index.php?id=54&no_cache=1&word_list[]=sinskajae)

Bild 12 nach: Sood, S., Kuraparthi, V., Bai, G. and Gill, S.B. (2009). The major threshability genes soft glumes (sog) and tenacious glume (Tg), of diploid and poly ploid wheats, trace their origin to indepede mutations at non-orthologous loci. Theoret. Appl. Genet. 119, 341

Bild 13 (links):

Wissenschaftsscheune: Inhalt 4, Bilder: 3, 11, 14



WissenschaftsScheune



ÜBER DIE WISSENSCHAFTSSCHEUNE

Die WissenschaftsScheune (WiS) ist eine Einrichtung des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung (MPIPZ), in der Besucher Wissenschaft hautnah erleben können.

Die Bandbreite der Forschung reicht vom DNA Molekül bis zum Anbau neuer Kultursorten. Themen der Grundlagenforschung und ihre

Anwendung können Besucher in Erlebniswelten sowohl in der Scheune des Gutshofs als auch im Schaugarten spielerisch entdecken.

Weitere Details finden Sie auf unserer Homepage:

www.wissenschaftsscheune.de



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



Max-Planck-Institut für
Pflanzenzüchtungsforschung



Der „Verein der Freunde und Förderer des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung e.V.“ betreut die WiS und ist Herausgeber der Broschüre „WiS Begierig“.

Alle Personen, die das Projekt WissenschaftsScheune unterstützen wollen, sind herzlich eingeladen, Mitglied im „Verein der Freunde und Förderer des MPIPZ e.V.“ zu werden.

Kontakt:
info@wissenschaftsscheune.de
Tel. 0221 5062-672 (Vormittag)

IMPRESSUM

Text:
Heinz Saedler

Redaktion:
Christiane Wojtera, Wolfgang Schuchert, Gerd Hombrecher, Hiltrud Kupczyk, Nicoletta Wojtera, Marika Michels, Marion Gremse

Bilder und Zeichnungen:
Heinz Saedler, Britta Grosardt, Anna Johann

Layout:
Britta Grosardt, Anna Johann, CGN Corporate

Anfahrt zum Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung WissenschaftsScheune

